Philipp Heinrich
Graf von Linden.

AGB Q. 6.

Populäre Astronomie.

Q 63. 6

Populäre Astronomie,

ohne Hülfe der Mathematik

in zwanzig Vorlesungen

erläutert

von

M. L. Frankenheim,

außerordentlichem Professor an der Universität von Breslau.

K. B. GYMNAS: BIBLIOTHEK BAMBERG

Mit Kupfern und Karten.

Zweite, verbesserte Ausgabe.

Braunschweig,

Verlag von Friedrich Vieweg.

1829.

Staatliche
Bibliothek
Bamberg

Druck und Papier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Vorrede.

Kein Zweig der menschlichen Kenntnisse bietet anziehendere Ergebnisse dar, und erlaubt wichtigere Anwendungen auf das thätige Leben, als die Astronomie; aber keine — wir müssen es mit Beschämung gestehen — ist, wenigstens bei uns Deutschen, weniger verbreitet als sie. Es ist wahrhaft empörend, wenn Männer, die sich zu den Gebildeten, ja Gelehrten, zählen, auftreten, um in Druckschriften die gröbste Unwissenheit zur Schau zu legen. Die Furcht vor dem Studium der Mathematik erstreckt, wie es scheint, ihren nachtheiligen Einfluß auch auf die Astronomie. Auch läßt sich nicht leugnen, daß es für einen der mathematischen Sprache unkundigen Leser ein sehr unangenehmes Geschäft ist, die interessanten Resultate aus den ihm unverständlichen Beweisen herauszusuchen. Die Anfangsgründe reichen zum

Verstehn der Astronomie bei weitem nicht aus, und die höhere Mathematik verlangt ein so ernstes Studium und steht mit dem übrigen Wissen des Gebildeten gewöhnlich in so geringer Verbindung, daß sie ihm schwer und trocken erscheinen muß, und es unbillig wäre, sie in seinen schon so weiten Studienkreis zu ziehen. Daher die Nothwendigkeit, aus einer für die größere Klasse von Lesern bestimmten Astronomie die Mathematik zu verbannen. Freilich geht dadurch ein Hauptreiz, welcher ihr vor allen übrigen Naturwissenschaften eigen ist, verloren, indem weder die Beweise der astronomischen Sätze, noch die langsame Entwickelung der Astronomie, von den ersten fast unwillkürlichen Beobachtungen des Menschen Jahrtausende hindurch, bis auf ihre gegenwärtige Höhe, sich ohne Hülfe der Mathematik ganz begreifen lassen. Allein die Resultate selbst sind so mannigfaltig und, besonders durch die Arbeiten der Deutschen, Lambert, Schröter, Herschel u. A., so höchst anziehend, daß auch für die populäre Astronomie ein reicher und schöner Stoff bleibt. — Diesen haben wir in gegenwärtigem Bande möglichst vollständig und geordnet den Gebildeten vorgelegt. Vielleicht gelingt es uns da-

durch, etwas zur weiteren Verbreitung einer Wissenschaft beizutragen, deren Gesetze von dem entschiedensten Einfluß auf alles Irdische sind, und deren Stoff keine andere Grenzen kennt, als die Natur selbst.

Dieses Werk ist veranlaßt durch eine Astronomie in 22 Vorlesungen, die vor wenigen Jahren in England erschienen, und bald darauf in's Französische übersetzt, eine so große Anzahl von Auflagen erlebte, daß man sie auch einer deutschen Bearbeitung werth halten konnte. Eine genauere Prüfung zeigte jedoch bald, daß man mit der Uebersetzung eines solchen Werkes dem deutschen Publikum keinen Dienst erweisen konnte, und ich entschloß mich daher, meine Vorarbeiten zu einer neuen populären Astronomie zu benutzen. Ein paar Kupfer und einige Bemerkungen in dem historischen Theile und der Einleitung ausgenommen, ist dieses Werk von dem Englischen ganz unabhängig.

Diese Ausgabe unterscheidet sich von der früheren bloß durch einige Verbesserungen und Zu-

sätze, welche der Verfasser seit dem Drucke der ersten Ausgabe (Sommer 1825) für nöthig erachtet, und an gehörigen Orten eingeschaltet hat.

Inhalt.

Seite.

Vorlesung 1. Geschichte der Astronomie, von den ältesten Zeiten bis auf Kopernikus..... 1

Geschichte der Astronomie der Chaldäer 2. Aegypter 5. Phönicier 8. Hindu 9. Chinesen 10. Griechen 11. Pythagoras 12. Hipparch 16. Ptolemäus 19. Araber 24. Mongolen 26.

Vorl. 2. Neuere Geschichte der Astronomie, von Kopernikus bis auf die neueste Zeit 27

Alfons X. 27. Kopernikus 29. Galilei 31. Tycho 33. Kepler 35. Newton 39.

Vorl. 3. Allgemeine Uebersicht der Himmelskörper und der Art, sie zu beobachten 43

Die Himmelskörper 44. Das Sonnensystem 46. Wahre und scheinbare, absolute und relative Bewegung, wahre und scheinbare Entfernung und Größe 47. Parallaxe 53.

Vorl. 4. Das Sonnensystem..... 55

Heliocentrische und geocentrische Gesichtspunkte 55. Uebersicht der Körper des Sonnensystems 56. Die keplerschen Gesetze 58. Massenanziehung 61. Die Entfernungen der Planeten, nach Kepler 64. Größe 65. Achsendrehung 66. Topographie 67. Masse und Dichtigkeit 68.

Vorl. 5. Die Bewegung der Himmelskugel, oder die Achsendrehung der Erde.... 69

Seite.

Die Himmelskugel, Horizont, Vertikallinie, Zenith und Nadir, Vertikal- und Höhenkreise 70. Höhe und Azimuth 71. Achse und Pole der Himmelskugel 72. Aequator und Parallelkreise, Abweichungs- und Mittagskreise 73. Abweichung und gerade Aufsteigung 73. Die Weltgegenden 73. Erdachse, Erdpole, Erdäquator, geographische Breite und Länge 76. Kulmination 77. Morgen- und Abendweite 77. Sterne, welche nie auf- oder untergehen 78. Sternentag 79. Verwandlung des Stundenwinkels in gerade Aufsteigung und umgekehrt 80. Die Achsendrehung der Himmelskugel ist nur scheinbar 82.

Vorl. 6. Die jährliche Bewegung der Sonne, oder die Kreisbewegung der Erde..... 85

Bewegung der Sonne, die Ekliptik 86. Sonnenwenden und Nachtgleichen 89. Die 12 Zeichen 90. Die Tageszeiten 91. Verschiedene Dauer der Tage und Nächte 91. Sonnentag 94. Sternenjahre 94. Der bürgerliche Tag 95. Verlust und Gewinnst von einem Tage bei Erdumseglungen 95. Länge und Breite der Sterne 96. Recht- und rückgängige Bewegung der Knoten, Konjunktion, Opposition und Quadraturen 97. Morgen- und Abendsterne 98. Der Kreislauf der Sonne ist nur scheinbar 99.

Tabelle für die Abweichungen der Sonne zu verschiedenen Zeten des Jahrs..... 88

Vorl. 7. Die Erde..... 102

Ihre Kugelgestalt 103. Größe 104. Gradmessungen 105. Abplattung 106. Wahre und scheinbare Lage, Horizontalparallaxe 109. Oberfläche der Erde, Land und Wasser 111. Die

Seite.

Erdrinde und ihre Gebirgsarten 114. Die Atmosphäre 118. Ihre Farbe, Gestalt 119. Das Licht 122. Die Dämmerung 124. Die Stralenbrechung 125. Die Irradiation 128. Das Funkeln 129. Tages- und Sonnenlicht 129.

Tabelle für die Größe der Parallelkreise einer Kugel, von 5 zu 5 Grad..... 108

Vorl. 8. Von den Erscheinungen, welche die Bewegung der Erde verursacht..... 130

Mittlere Werthe 131. Erster Meridian 132. Klima 134. Die geographischen Zonen 135. Die astronomischen Klimate 139. Die vier Jahreszeiten 142. Gegenfüßler, Neben- und Gegenwohner 144. Uebersicht der Erdbewegungen, Achsendrehung 145. Bewegung um die Sonne 145. Vorrückung der Nachtgleichen 148. Das platonische Jahr 149. Das tropische und siderische Jahr 150. Der julianische und gregorianische Kalender, der neue und alte Stil 150. Die Nutation 151. Die Verminderung der Schiefe der Ekliptik 152. Die Bewegung der Apsidenlinie 155. Dauer der 4 Jahrszeiten 156. Säkularbewegungen 157. Aberration des Lichts 158.

Tabellen für die Länge der Oerter, durch welche man wol den ersten Meridian gezogen hat..... 133

Die Dauer des längsten Tages unter verschiedenen Breitengraden (astronomische Klimate)..... 139

Die Bogen, welche die Sonne am ersten Tage eines jeden Monats auf ihrer jährlichen Bahn zurücklegt und ihre Entfernungen von der Erde... 146

Die gerade Aufsteigung der Sonne in den Mittagen, von 10 zu 10 Tagen..... 146

Vorl. 9. Die Bewegungen der Planeten..... 161

Seite.

Ihre Entfernungen von der Sonne, ihre Umlaufszeiten und die Lage ihrer Ellipsen 161. Geocentrische Bewegungen der untern Planeten 166. Ihre Phasen 169. Ihre Durchgänge vor der Sonne 171. Merkur 172. Venus nebst ihren Durchgängen 173. Sonnenparallaxe 175. Geocentrische Bewegungen der obern Planeten 175. Mars u. s. w. 179. Astrologie 181. Entfernungen, scheinbare Größe und synodische Umläufe der Planeten 183.

Tabellen für die kleinsten, größten und mittlern Entfernungen der Planeten von der Sonne, in Meilen 161

Dasselbe, in Erdweiten und die Excentricität..... 162

Die siderische Umlaufszeit, Geschwindigkeit und größte Mittelpunktsgleichung 162

Die Lage der Planetenellipsen..... 163

Die größte und kleinste Entfernung der Planeten von der Erde, in deutschen Meilen; kleinsten und größten scheinbaren Durchmesser; synodischen Umlauf..... 183

Vorl. 10. Die Mondsbewegungen..... 187

Mondsviertel und Mondsphasen 187. Quadraturen und Syzygien 189. Siderischer und synodischer Monat 189. Variation, Evektion 191. Jährliche Gleichung 192. Bewegungen der Knoten und Apsiden 193. Veränderungen der Neigung und Umlaufszeit 194. Bürgerliche Monat 194. Knotenmonat 195. Anomalischer Monat 196. Mondsperioden 196. Geschwindigkeit des Monds, Erntemond 196. Parallaxe des Mondes 198. Schatten und Halbschatten 199. Mondfinsternisse 200. Sonnen-

Seite.

finsterniſſe 202. Geſchwindigkeit des Schattens 203. Häufigkeit der Finsterniſſe 204.

Vorl. 11. Von den Bewegungen des Meeres und der Luft; Ebbe und Fluth..... 207
Wirkung eines Körpers 208. Vereinigte Wirkung der Sonne und des Mondes 211. Größe der Fluth an verſchiedenen Orten, Springfluthen 213. Oſtweſtſtrömung des Oceans 215. Der Golfſtrom 216. Oſtwinde 217.

Vorl. 12. Bewegungen der Trabanten..... 220
Ihre Entdeckung 220. Geocentriſche Betrachtungsweiſe 222. Geſchwindigkeit des Lichts 224. Entfernungen der Trabanten von den Hauptplaneten 227. Bewegung um den Hauptplaneten 230. Das Jupitersſyſtem 231. Saturnsſyſtem 233. Uranusſyſtem 235. Der Venustrabant 236.

Tabellen für die Entfernungen der Trabanten von den Hauptplaneten, in Theilen des Halbmeſſers der letztern und in deutſchen Meilen..... 227

Die Umlaufszeiten, Neigungen und Knoten..... 230

Vorl. 13. Die Sonne..... 238
Ihre Größe 238. Achſendrehung 239. Flecken 241. Hypotheſen über die Natur der Flecken 243. Die Sonnenatmoſphäre 244. Eintheilung der Flecken 245. Bewohnbarkeit der Sonne 248. Thierkreislicht 250.

Vorl. 14. Die Planeten..... 253
Ihre Größe 256. Die Intenſität des Sonnenlichts auf ihnen 257. Ihre Achſendrehung 259. Ihr Klima 263. Anblick der untern Planeten von den oberen aus geſehen 268. Topographie der Planeten, ihre Geſtalt, ihre Atmoſphäre und ihre Flecken 270.

Seite.

Tabellen für die Durchmesser, die Oberfläche, den Raum und den Umfang der Sonne und der Planeten 254

Die Größe der Sonne von den Planeten aus gesehen, das Verhältniß dieser Größen in den Aphelien und Perihelien und der mittlere heliocentrische Durchmesser der Planeten 255

Die Neigung des Aequators der Planeten zu ihrer Bahn, die Umlaufszeit um ihre Achse und um die Sonne, in Planetentagen 261

Der mittlere Werth der größten Elongationen der untern Planeten, von den Obern aus gesehen 269

Vorl. 15. Der Mond und die Trabanten... 280

Größe und Gestalt des Mondes 280. Seine Schwankungen 282. Achsendrehung der Trabanten 285. Scheinbare Größe der Planeten von den Trabanten aus gesehen und umgekehrt 288. Erscheinungen des Himmels auf dem Monde 290. Größe und Gestalt der Trabanten und Ringe 293. Unebenheiten der Mondsoberfläche 295. Gestalt und Entstehung der Ringgebirge, Bergadern und Rillen 300. Verschiedene Färbung der Mondsoberfläche 306. Mondatmosphäre 309. Seleniten 311.

Tabelle für die scheinbare Größe der Planeten, von den Trabanten aus gesehn und umgekehrt, Durchmesser der Trabanten 287

Vorl. 16. Die Kometen 314

Ihre Bahn 316. Ihr Kopf 322. Ihr Schweif 326. Dessen Ursprung 328. Ursache der Verminderung der Excentricität der Kometenbahnen 331. Einfluß der Kometen 333. Meteorkörper 335. Ihr Ursprung 338.

Vorl. 17. Bewegung und Anziehung..... 341

Seite.

Das Beharrungsvermögen 342. Parallelogramm der Kräfte 343. Beschleunigung 344. Der Fall der Körper 345. Anziehung und Masse 347. Schwerpunkt 348. Anziehung nimmt nach den Quadraten der Entfernung ab 350. Schwere und Fall innerhalb der Erde 352. Kampf der Anziehung und der Trägheit 355. Fliehkraft 356. Wechselseitige Anziehung von an Größe nicht sehr verschiedenen Körpern 358. Fliehkraft, welche durch die Achsendrehnng der Erde hervorgebracht wird 359. Abplattung 361. Entstehung des Saturnsringes und vielleicht auch andrer Körper 362. Ursprung der Achsendrehung 364. Die Masse und die Dichtigkeit der Körper des Sonnensystems 365. Fallbeschleunigung auf der Erde, Länge des Sekundenpendels 371. Gewicht und Dichtigkeit der Erde 374.

Tabellen für die Masse und Dichtigkeit der Sonne und der Planeten, nebst der Fallbeschleunigung auf ihren Oberflächen..... 367

Dieselben Größen für die Trabanten und ihre Massen im Verhältniß zu den Hauptplaneten..... 368

Vorl. 18. Anordnung der Sterne, Sternbilder 376

Ursprung der Sternbilder 377. Der heraldische und biblische Himmel 383. Die ptolemäischen und die neuern Sternbilder 384. Verzeichniß derselben 385. Bezeichnung und Größen der einzelnen Sterne 388. Sterne erster Größe 389. Anzahl der Sterne 390. Erklärung der nördlichen Sternbilder 391. Erklärung der südlichen Sternbilder 397. Der Thierkreis 402. Die poetischen Auf- und Untergänge 404. Ur-

Seite.

sprung der Sternbilder des Thierkreises 405.
Erklärung derselben 407.
Hilfsmittel, den Sternhimmel kennen zu lernen..... 411
Große Hohlkugel 412. Himmelsgloben 413. Himmelskarten 415. Andeutungen zum Gebrauch der dem Buche beigegebenen Himmelskarte 415.

Vorl. 19. Die Entfernungen, Bewegungen und Veränderungen der Fixsterne..... 420
Schwierigkeit, die Entfernung der Fixsterne zu bestimmen 422. Muthmaßliche Angabe einiger derselben 423. Größe der Fixsterne 424. Parallaktische Bewegung derselben 428. Fortrücken unsers Sonnensystems 430. Wahre Bewegung der Fixsterne 431. Doppel-, Tripel-, Quadrupel-, Polygonal-Sterne 432. Gemeinschaftliche Bewegung der Doppelsterne 433. Ihre Dauer 435. Die Gegensonne 436. Größe und Farben der Doppelsterne 436. Periodischer Lichtwechsel einiger Sterne 437. Entstehn und Verschwinden von Sternen 440.

Vorl. 20. Die Sternhaufen, Nebelflecke... 443
Sternnebel 444. Die Milchstraße 445. Die übrigen gleich weit, minder oder mehr entfernten Sternnebel 451. Die eigentlichen Nebelflecke um den Orion und die Jungfrau 454. am Gürtel der Andromeda und am Schwerte des Orion 455. Kometarische und planetarische Nebelflecke 456. Verdichtung der Nebelmasse zu festen Körpern, Weltbildung 457. Dunkle Flecke 461. Schlußbetrachtung 461.

Erste Vorlesung.

Geschichte der Astronomie, von den ältesten Zeiten bis auf Kopernikus.

Zu allen Zeiten hat der Anblick des Himmels die Aufmerksamkeit der Menschen in hohem Grade erregt. Der Auf- und Untergang der Gestirne, die wechselnden Gestalten des Mondes, die verschiedenen Höhen der Sonne und die Sternbilder, welche abends den Himmel schmücken, sind so oft und so regelmäßig wiederkehrende Erscheinungen, daß selbst das roheste Volk sie beobachten, und ihre Gesetze erkennen muß. Bei den entlegensten, und von allen Wissenschaften entblößten Völkern, welche neuere Reisende auf entfernten Kontinenten, oder den Inseln des Großen Oceanes auffanden, so wie in den Sagen, welche aus dem grauesten Alterthume auf uns gelangt sind, finden wir die Bewegungen des Sternenhimmels, der Sonne, des Mondes, und selbst der Planeten, die Dauer des Tages, des Monats und Jahres, oft mit überraschender Genauigkeit erforscht. Ueberall war der innige Zusammenhang zwischen den Perioden der Himmelskörper, und der Entwickelung der Pflanzen und Thiere, dem Wechsel von Kälte und Wärme, von Dürre und Nässe erkannt und benutzt, und das Hauptelement in der religiösen Bildung der Völker geworden.

Kein einzelnes Land dürfen wir daher als die Wiege der Astronomie bezeichnen, allein eine genauere, von der Wissenschaft geleitete Untersuchung des Himmels haben wir vorzüglich in den weiten Ebenen wärmerer Zonen zu suchen, wo ein heiterer Himmel und ein regelmäßiger Verlauf der Witterung die Beobachtung erleichtert. Von diesen glücklichen Ländern, welche die Wiege aller Kultur wurden, verbreitete sich die, mit der geistigen und religiösen Ausbildung des Volkes, innig verschlungene Astronomie zu andern Völkern, welche die Beobachtungen ihrer Vorgänger fortsetzten, bis endlich die Astronomie, nachdem fast jedes gebildete Volk der alten und neueren Zeit zu ihrer Erweiterung beigetragen, sich ganz von der Religion gesondert hat, und zu der herrlichen Wissenschaft geworden ist, deren Tiefe und Weite wir in unsern Tagen bewundern.

Als die ersten Astronomen pflegt man die Chaldäer zu bezeichnen. In Chaldäa, der südlichsten Provinz des babylonischen Reiches, mußte der fast beständig heitere Himmel, den auch noch neuere Reisende mit Entzücken erwähnen, die bei ihren Heerden weilenden Einwohner bald zur Betrachtung der Gestirne einladen, und hier scheinen auch die ältesten Entdeckungen gemacht worden zu sein. Wie alle Kenntnisse des Morgenlandes, wurde auch die Astronomie, nicht, wie bei den Griechen und bei uns, durch öffentliche Lehrer Zuhörern von allen Ständen gelehrt, sondern sie ward das Eigenthum privilegirter Priesterfamilien, die, im ausschließlichen Besitz aller Kenntnisse, das Volk in Unterwürfigkeit zu erhalten wußten. Wie die ersten Astronomen, waren sie auch die ersten Astrologen, und der Name der Chaldäer war bei den Juden und den Römern noch lange Zeit die Benennung der Zauberer und Charlatane, welche die Witte-

rung, das künftige Schicksal der Neugebornen und dergl. vorher zu wissen vorgaben; und Mager oder Magier, wie die Perser ihre Priester und Astronomen nannten, ist auch bis jetzt in vielen Sprachen mit Zauberer gleichbedeutend.

Die praktische Astronomie der ältesten Zeiten hat sich, wie es scheint, auf die Beobachtung der Finsternisse, des Auf- und Untergangs der vornehmsten Sterne und ihrer Bedeckungen durch den Mond und die Planeten beschränkt. Dem Laufe der Sonne folgte man durch die Beobachtung der durch die Dämmerung verdunkelten Sterne, und vielleicht auch durch die Aenderung des Mittagsschattens der Sonne; die Bewegungen der Planeten wurden nach den Sternen bestimmt, denen sie sich auf ihrer Bahn am meisten näherten.

Um diese Körper und ihre Bewegungen zu erkennen, theilte man den Theil des Himmels, worin die Bewegung größtentheils statt fand, in 12 Theile, die man Sternbilder nannte: den Widder, Stier, Zwillinge (oder 2 Ziegen), Krebs, Löwe, Jungfrau, Wage, Skorpion, Schütz, Steinbock, Wassermann (oder Eimer), und Fische. Man nannte sie die 12 Zeichen, weil sie die Jahrszeiten zu bezeichnen dienten. Weil die meisten Namen von Thieren hergenommen waren, nannte man den breiten Sternengürtel, worin sich fast alle beweglichen Himmelskörper befinden, den Thierkreis (Zodiakus). Der ganze Himmel zerfiel also in 3 Theile, den Thierkreis und die daran stoßende nördliche und südliche Region. Durch Größe ausgezeichnete Fixsterne sammelte man in Gruppen, die unter den Namen der Sternbilder eigenthümliche Gestalten und Benennungen erhielten. So wurde das Himmelsgewölbe mit Menschen, Thieren und Wesen

aller Art bevölkert. So seltsam uns aber jetzt auch diese Zeichen erscheinen mögen, so waren sie doch nicht bloß Früchte der Einbildungskraft; sie deuteten vielmehr auf den Zustand der Erde in den verschiedenen Jahreszeiten, und auf die Arbeiten und Früchte des Ackerbaues, und dienten zu gleicher Zeit als ländlicher Kalender und astronomische Ephemeriden.

Die Chaldäer wurden auch als Beobachter des Mondes gerühmt. Man schreibt ihnen die Erfindung des Saros zu, einer Periode von 669 Monaten oder 19756 Tagen, nach welcher sich die Erscheinungen der Sonne und des Mondes genau so wie früher verhielten, und sich in derselben Ordnung wiederholten. Die Alten bestimmten nämlich nicht die Umlaufszeit der verschiedenen Himmelskörper, und berechneten dann die Lage derselben zu einer gewissen Zeit, oder die Zeit, wann eine gewisse Lage statt finden würde; sondern sie suchten durch Wegschaffen der Brüche eine ganze Zahl zu finden, wobei sie die einzelnen merkwürdigen Verhältnisse nur ein für alle mal beobachten oder berechnen durften. Nach dem Berichte eines Griechen im 4ten Jahrhundert sollen sie den Umkreis der Erde so bestimmt haben, daß ein starker Fußgänger um die Erde in derselben Zeit kommen könne, wie die Sonne, also in 1 Jahre, welches allerdings, so unbestimmt das Maß auch ist, einen überraschender Beweis von den Fortschritten der chaldäischen Astronomie gibt.

Nach Alexanders des Großen Zeiten, als die Chaldäer den Griechen genauer bekannt wurden, rühmten sie sich Beobachtungen von 490,000, ja 720,000 „Umlaufen" zu besitzen. Dieß waren wol nicht Jahre, sondern Tage, welches dann mit den Jahren 1295 und 1900 vor Alexander übereinkommt. Dieses stimmt auch mit andern Berichten, nach welchen Kallisthenes,

der Alexander dem Großen auf seinem Zuge begleitete, dem Aristoteles 1903 Jahr alte Beobachtungen zugeschickt haben soll; also von 2234 vor Chr. Wenn dieses, was noch sehr zweifelhaft ist, gegründet sein sollte, so wäre ein solcher Verlust sehr zu bedauern; denn die ältesten Beobachtungen, die Hipparch erlangen konnte, waren 3 in den Jahren 719 — 20 vor Chr. zu Babylon beobachtete Mondsfinsternisse.

Nicht minder alt, als in Chaldäa, war die Astronomie in Aegypten. Gleiche Ursachen, wie dort, wirkten auch hier, und das Steigen und Fallen des Nils zwang die Aegypter zur genauen Beobachtung des Sonnenlaufs. Ihr bürgerliches Jahr betrug 365 Tage, aber indem sie die Bahn der Sonne mit dem dem Osiris geweiheten Hundsstern (Siris oder Sirius) — weil bald nach seinem ersten Erscheinen das Austreten des Nils eintrat — verglichen, fanden sie, daß die Sonne in 4 Jahren um 1 Tag zurückbliebe. Die Dauer des Sonnenumlaufs betrug also 365¼ Tag. Ein nach dem bürgerlichen Jahre bestimmtes Fest, etwa das der Isis, fiel nach 4 Jahren um 1 Tag später und durchwanderte so nach und nach alle Jahreszeiten, bis es endlich nach 1460 Jahren wieder auf denselben Tag des Sonnenjahres fiel. Dieser Zeitraum, der die Hundssterns- oder — nach dem mythischen Entdecker aller wissenschaftlichen Gegenstände in Aegypten — die sothische Periode, oder auch das große oder Gottesjahr hieß, fing, nach sicheren Rechnungen, den 20ten Juli 1322 vor Chr. an. Auffallend ist, daß der Anfang einer im Alterthum sehr berühmten Aera, die des Nabonassar, welche am 26ten Febr. 747 v. Chr. begann, auch auf den Anfang eines ägyptischen bürgerlichen Jahres fällt.

Eine sehr genaue ägyptische Periode der Monds-

bahn ist die von 25 bürgerlichen Jahren, welche, bis auf eine Stunde, 309 Monate enthält; nach Verlauf dieser Periode fallen Neu- und Vollmonde wieder auf denselben Tag des Jahres. Sie rühmen sich 373 Sonnen- und 832 Mondfinsternisse bis zu Alexanders Zeiten beobachtet zu haben, welches auf eine ununterbrochene Beobachtungsreihe von 12 — 13 Jahrhunderten, oder von 1600 v. Chr. an, schließen läßt. Ist dieses gegründet, was nicht ganz unwahrscheinlich ist, so gereicht es ihrer Genauigkeit nicht sehr zum Verdienst, daß sie die Dauer des Jahres nicht genauer als $365\frac{1}{4}$ Tag bestimmen konnten.

Merkwürdig sind ein paar Traditionen der ägyptischen Priester: nämlich daß die Sonnenbahn einst senkrecht auf dem Aequator gewesen sei, welches eine Idee von den Veränderungen der Schiefe der Ekliptik voraussetzt; und zweitens, daß während 11340 Jahren die Sonne ihren Lauf 4 mal geändert habe, d. h. wol nur, daß Sonne und Mond ihren Lauf 4 mal zu gleicher Zeit angefangen haben. Denn 1835 Sonnenjahre, s. v. a. 2922 Mondenjahre, sind gerade $\frac{1}{4}$ von 11340. Ein Beweis mehr von ihrer genauen Kenntniß der Mondsbahn.

Die Kometen hielten sie für Meteore, obgleich schon die Chaldäer ihre Natur wahrscheinlich richtiger erkannt hatten, desto genauer waren ihre Beobachtungen über die Planeten. Sie erkannten, daß der Morgen- und Abendstern nur ein Stern sei, der sich nebst dem Merkur um die Sonne bewege; sie setzten die Ordnung der Planeten nach der Entfernung: Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter, Saturn, die sich alle in einem schmalen Streifen, dem Thierkreise, bewegen, und es ist wahrscheinlich, daß sie auch den Umlauf der andren Planeten um die Sonne vermutheten. Dieß haben sie vielleicht durch

das Symbol ausdrücken wollen, daß die Sonne und der Mond der König und die Königinn seien, die Planeten ihre Trabanten und die Fixsterne das Volk. Die Eintheilung des Thierkreises und die des Monats in Wochen und Tage hatten sie mit den meisten Völkern gemein.

Wie bei den Chaldäern, nur vielleicht in noch höherem Grade, war auch bei den Aegyptern die Kenntniß der Gestirne auf eine Priesterkaste beschränkt, die ihre Entdeckungen sorgfältig durch einen mystischen Nebel und symbolische Sagen von Göttern und Helden verhüllten. Durch astrologische Träumereien täuschten sie Andre und sich; durch das ängstliche Geheimhalten ihrer Lehre bereiteten sie ihr selbst den Untergang, indem sie nach dem Untergange ihres Reiches keine neuen Entdeckungen machten, und ihre Weisheit allmälig ganz verloren; und so wurde der früher so gefürchtete und gelehrte Stand der Priester, zu denen die wißbegierigen Männer des Auslandes, ein Pythagoras, Herodot, Plato, wallfahrten, in Aegypten späterhin wegen ihrer Unwissenheit verspottet und in Rom unter dem Namen der Isispriester wegen ihres Aberglaubens ein Gegenstand des Hasses und der Verachtung. Selbst der Alexandriner Ptolemäus erwähnt nicht einer einzigen ägyptischen Beobachtung; ein Beweis von der Unwissenheit oder Verschlossenheit der Aegypter seiner Zeit, und was von den Werken derselben auf uns gekommen ist, eine Sammlung griechischer Verse von dem Priester Manetho, ist nicht geeignet, uns eine höhere Meinung von den Kenntnissen der spätern ägyptischen Priester beizubringen; sie handelt bloß von dem Einflusse der Gestirne auf den Menschen.

Erwähnenswerth ist noch die Benennung der Wochentage nach den Gestirnen, welche einem großen

Theil der Erde gemein ist und sich auch noch jetzt bei allen europäischen Völkern erhalten hat. Sie theilten den Tag in 24 Stunden und weihten jedem Planeten 1 Stunde nach der Reihe: Saturn, Jupiter, Mars, Sonne, Venus, Merkur, Mond, und nach dem Planeten, dem die erste Stunde des Tages geweiht war, wurde der ganze Tag benannt. Saturn ward so Beherrscher des ersten Tages, die Sonne des zweiten, der Mond des dritten, Mars des vierten, Merkur des fünften, Jupiter des sechsten, Venus des siebenten Tages. Ob aber die Aegypter, oder ob Chaldäer oder Hindu oder Bucharen das Lob oder den Tadel dieser Erfindungen tragen, ist unbekannt.

So blieb von den astronomischen Erfahrungen der Aegypter fast keine Spur zurück, und wenn nicht die genau nach den Weltgegenden gerichteten Seiten der Pyramiden, Nachrichten der Griechen und gigantische Thierkreise, wie der von Tentyra, dessen Geschichte in der neuesten Zeit die Aufmerksamkeit der Astronomen so sehr erregt hat, den Aegyptern den Ruf eines des Himmels kundigen Volkes erhielten; so hätten sie in der Geschichte der Astronomie nur als Betrüger oder Thoren aufgeführt werden können.

Von den Phöniciern, dem größten Handelsvolke der älteren Geschichte, das auf seinen weiten Seefahrten den Himmel sehr genau beobachten mußte und auch gewiß beobachtet hat, ist uns nicht eine astronomische Entdeckung geblieben; oder hat bei ihnen die Handelspolitik eben so gewirkt, wie bei einem Krämervolke des vorigen Jahrhunderts, so daß sie für dasjenige, was ihren Handel nicht fördern konnte, keinen Sinn hatten, und, was ihn fördern konnte, durch schändlichen Eigennutz auf's sorgfältigste geheim hielten oder durch Mährchen verhüllten?

Weit mehr, als alle andern Völker, haben die Hindu geleistet: sie kannten die Bahn der Sonne, des Mondes und der Planeten, ja selbst das Ungleichförmige der Sonnenbahn sehr genau, und das Fortrücken der Aequinoktialpunkte setzten sie nur um 3″ zu hoch. Ihr Jahr ist in Monate, Wochen und Tage getheilt, die dieselben Namen führen, wie bei den andern Völkern, der Thierkreis hat aber, neben der Eintheilung in 12, auch noch eine in 27 Theile, welche sich auf die Kreisbewegung des Mondes bezieht. Der Kastengeist wirkte auch hier hemmend auf die Fortschritte der Wissenschaft; von den theoretischen Forschungen ihrer Vorfahren sind den jetzigen Braminen nur die todten Formeln geblieben, worin jene, wie alle alten Völker, ihre astronomischen Wahrheiten gehüllt haben, und mit Mühe mußten die englischen Astronomen die leitenden Ideen wieder heraus suchen. Die indischen Tafeln zeigen, wenn man die ungeheuren Perioden von mehreren hunderttausend Jahren nicht berücksichtigt, auf 2 Hauptepochen, die Jahre 1491 und 3102 v. Chr. In dieser Zeit fand nach den indischen Tafeln eine Konjunktion der Sonne und aller Planeten statt, indeß da diese, nach den neueren; richtigeren Berechnungen, damals nicht Statt finden konnte, so kann auch die Periode, worauf sich die Epochen beziehn, nicht durch Beobachtung festgestellt sein. Merkwürdig ist, daß sie, deren Beobachtungen noch bei weitem nicht bis auf Sekunden genau sind, diese noch in 80 Theile theilen, eine Genauigkeit, die selbst die feinsten europäischen Beobachtungen nicht erreichen können.

Ehe wir uns zu den Griechen wenden, wollen wir noch einiges von der Astronomie jenes merkwürdigen Volkes an der äußersten Grenze unserer Halbkugel erwähnen, das, in Sprache, Verfassung, Sitten

und Wissenschaften das Gepräge des Steifen, Unveränderlichen tragend, in dem stärksten Kontrast zu dem beweglichen, rasch auffassenden Geiste der Griechen und Nordwest-Europäer steht. Seit mehr denn 4 Jahrtausenden beobachteten die Chinesen fast ununterbrochen, haben die unregelmäßige Bewegung der Himmelskörper erkannt, und waren doch niemals fähig, die allgemeinen Gesetze aufzufinden, die selbst die Hindostaner gefunden zu haben scheinen. In ihren Annalen finden wir, daß etwa drittehalbtausend Jahre v. Chr. alle Planeten sich in derselben Gegend des Himmels befanden, und die Rechnungen der neuen Astronomen fanden es für das Jahr 2449 bestätigt; eine Sonnenfinsterniß um die Nachtgleichen des Jahres 2155 und viele andren alten Angaben haben sich ebenfalls bewährt. Berechnet konnten es die Chinesen, die keine Sonnenfinsterniß vorauszusagen vermochten, nicht haben; wir sehn also in diesen Angaben die ältesten Beobachtungen, welche die Geschichte der Astronomie kennt.

Schon der Kaiser Yao soll 2357 v. Chr. Geburt den Thierkreis in 28 Theile getheilt und das Mondenjahr auf 354 Tage bestimmt haben oder auf 12 Monate, die abwechselnd 30 und 29 Tage hatten, und das Sonnenjahr auf $365^1/_4$ Tage. Ein von Zeit zu Zeit eingeschobener Monat glich die Unterschiede aus — also ein dem jüdischen sehr ähnlicher Kalender. Mit geringen Unterbrechungen dauerten die Beobachtungen fort, bis im 7ten Jahrhundert n. Chr. Yhang sich durch Vervollkommnung der Instrumente, genauere Bestimmungen der geographischen Länge und Breite und durch Beobachtungen der Planetenbahnen auszeichnete; und dennoch widersprachen ihre Berechnungen der Erfahrung: so wenig vermochten sie aus dem Besondern das Allgemeine zu finden, und seit

dem 13ten Jahrhundert war das stolze Volk in seiner Kalenderbestimmung, trotz dem in der Hauptstadt errichteten mathematischen Kollegium, von Ausländern abhängig, anfangs von Arabern, und seit dem Ende des 16ten Jahrhunderts von Jesuiten.

Die Griechen beschäftigten sich mit der Astronomie erst lange Zeit nach den Aegyptern, deren Schüler sie waren. Der genaue Zustand ihrer ersten astronomischen Kenntnisse ist sehr schwer zu bestimmen, da auch diese in den Mythen, die den ersten Theil ihrer Geschichte erfüllen, verwickelt sind. Jedoch scheinen sie den Himmel, etwa 13 — 14 Jahrhunderte vor der christlichen Zeitrechnung, in Sternbilder eingetheilt zu haben; denn auf diese Zeit bezieht sich die Himmelskugel des Eudoxus, und Homer und Hesiod kennen und lehren 900 — 1100 v. Chr. die Anwendung der Sternkunde auf Schiffahrt und Landbau. Aber bis auf die Gründung der Alexandrinischen Schule haben ihre zahlreichen philosophischen Sekten nicht einen einzigen Beobachter hervorgebracht. Sie hielten die Astronomie für eine rein spekulative Wissenschaft und ließen sich oft zu den nichtigsten Vermuthungen hinreißen.

Indeß findet man unter den philosophischen Träumen Griechenlands einige gesunde Ideen, welche die Astronomen auf ihren Reisen einsammelten und in der Folge vervollkommneten. Auf den weiten Reisen, die Thales, der Stifter der ionischen Philosophenschule, zu seiner Belehrung unternahm, kam er auch 640 v. Chr. nach Aegypten. Nach seiner Rückkunft gründete er die ionische Schule, lehrte die Kugelgestalt der Erde, die Schiefe der Ekliptik und die wahren Ursachen der Sonnen- und Mondfinsternisse, die er selbst, wahrscheinlich nach den ihm von den Aegyptern mitgetheilten Perioden, vorhersagen konnte. Dem Anaxi-

mander schreibt man die Erfindung des Gnomon und der Landkarten zu, die er jedoch wol nur von den Aegyptern entlehnte; Anaxagoras lehrte, die Sonne sei eine Feuermasse, größer als die Erde, welcher auch der Mond sein Licht verdanke, der wie die Erde bewohnt und mit Bergen, Thälern und Seen bedeckt sei. Diese Lehren zogen ihm die Verfolgung der athenischen Priester zu, die ihm vorwarfen, daß er den Einfluß der Götter auf die Natur leugne, indem er die Erscheinungen derselben auf feste Gesetze zurückführen wollte. Mit Mühe nur konnte der mächtige Perikles, sein Schüler und Freund, eine Milderung des Todesurtheils in ewige Verbannung bewirken. So hat immer die Wahrheit, ehe sie sich auf der Erde festsetzen konnte, mit den Vorurtheilen kämpfen müssen, und ist mehr als einmal ihren Entdeckern verderblich geworden! Merkwürdig ist auch der politische Einfluß, den die Astronomie schon übte, indem Perikles den Athenern den Schrecken, den sie über eine am Anfange des peloponnesischen Krieges sich ereignete Sonnenfinsterniß empfanden, durch Erklärung der wahren Ursachen derselben benahm. Von den Schriften der ionischen Philosophen ist nichts auf uns gekommen.

Aus derselben Schule stammte das Oberhaupt einer andern weit berühmteren Schule. Pythagoras, geb. zu Samos 590 J. v. Chr., war anfangs ein Schüler des Thales. Auf dessen Rath ging er nach Aegypten und ließ sich dort in die Mysterien der Priester einweihen, um die Kenntniß ihrer Lehren zu erlangen. Auch die Braminen soll er bis an den Ufern des Ganges aufgesucht haben. Nach seiner Rückkehr mußte er sein Vaterland wegen der Tyrannei, die dort herrschte, verlassen, und er begab sich nach Italien, wo er die Schule stiftete, welche seinen

Namen trug. Dort lehrte er alle astronomischen Wahrheiten der Jonier, aber mit merkwürdigen Entwicklungen, und was seine Lehre vorzüglich auszeichnete, war die Kenntniß der Bewegung der Erde um ihre Achse; ja einige seiner Schüler, Philolaus und Aristarch, lehrten sogar die Bewegung um die Sonne. Aber Pythagoras verbarg seine Lehre sorgfältig dem Volke, er hüllte sie gleich den ägyptischen Priestern, von denen er sie wahrscheinlich empfangen hatte, in mystische Symbole, die er nur einer geringen Anzahl von Schülern anvertraute; und diese Einrichtung, die mehr einem orientalen Priesterreich, als einer freien Nation angemessen war, bereitete der Schule den Untergang und hat nur weniges von den Schriften der Pythagoräer auf die spätere Nachwelt kommen lassen.

Seine Lehren wurden von seinem Schüler Philolaus weiter entwickelt. Die Planeten und Kometen bewegen sich um die Sonne, und letztere sind, so wie jene, keine vorübergehenden Meteore, sondern ein ewiges Werk der Natur. Diese Meinungen nahm auch Seneka an, der sie mit dem Enthusiasmus äußerte, den eine große Idee über die größten Gegenstände der menschlichen Forschung in der Seele eines Philosophen erwecken mußte. „Man wundere sich nicht," sagt er, „daß wir das Gesetz der Bewegung der Kometen, die so selten erscheinen, nicht kennen, noch den Anfang und das Ende ihrer Umläufe voraussagen können; da sie von einer unermeßlichen Entfernung zu uns herabsteigen. Sind es doch noch nicht 1500 Jahre, daß die Gestirne in Griechenland gezählt und den Sternbildern Namen gegeben sind! Vielleicht wird ein Tag kommen, wo die Gegenstände, die uns jetzt verborgen bleiben, durch das anhaltende Forschen künftiger Zeiten mit Gewißheit erscheinen werden,

und wo man sich wundern wird, daß sie unsrer Aufmerksamkeit entgangen sind."

In derselben Schule lehrte man, daß die Planeten bewohnt, die Sterne in dem Raume ausgestreute Sonnen und Mittelpunkte besonderer Planetensysteme seien, und die Erde eine Kugel, auf welcher jeder Ort seine Bewohner und seine Antipoden habe. Diese philosophischen Ansichten hätten wegen ihrer Größe und Richtigkeit den Beifall des Alterthums erhalten; aber mit mystischen, an sich unwahrscheinlichen Meinungen von der Harmonie der himmlischen Sphären verbunden, ist es nicht zu verwundern, daß ihre Wahrheit, der Beweise, welche man seitdem durch die Uebereinstimmung mit zahlreichen Beobachtungen gefunden hat, ermangelnd und dem Scheine der Sinne widersprechend, nicht anerkannt worden ist.

Unter den Astronomen der folgenden Jahrhunderte zeichnete sich Demokrit durch seine Ansicht der Milchstraße aus, deren Schein er durch den Schimmer von unzähligen kleinen Sternen erklärte; und sein Schüler Metrodorus erklärte es für eben so unvernünftig, anzunehmen, daß von den unzähligen Himmelskörpern nur die Erde bewohnbar und bewohnt sei, als zu behaupten, daß auf einem großen Felde nur eine Aehre wachse.

Der erste beobachtende Astronom unter den Griechen war Meton, 432 v. Chr. Sein Fleiß wurde durch die Einführung seiner Periode belohnt, die bis auf wenige Stunden in 6940 Tagen 19 Sonnenjahre und 235 Monate enthält, daß also Neu- und Vollmond wieder auf denselben Tag des Jahres fallen. Die Erfindung fand in Griechenland solchen Beifall, daß sie die goldne Zahl genannt wurde. Kalipp verminderte den Fehler, indem er die Periode mit

4 multiplicirte und 1 Tag auswarf, also 27759 Tage oder 76 Jahre erhielt. Sie wurde 330 v. Ch. in Griechenland eingeführt und stimmt mit dem Julianischen Kalender überein. Hiparchs verbesserte Periode von 304 Jahren fand wegen ihrer Länge keinen Beifall. Eudoxus brachte von seinen Reisen viele Beobachtungen mit, unter andern eine Beschreibung der Himmelskugel oder der Lage der Gestirne, die indeß, da sie den Zustand des Himmels um 1000 Jahr zu alt darstellt, wol von den Chaldäern entlehnt ist, von deren Aberglauben er jedoch, so wie sein Zeitgenosse Plato, sich frei erhielt. Letzterer führte zuerst die gleichförmige Bewegung der Himmelskörper in Kreisen ein. Auch Aristoteles, der bei weitem tiefste Denker Griechenlands, hat sich um die Astronomie Verdienste erworben; aber sein Werk ist verloren gegangen.

Von jetzt an nahm die Astronomie eine mehr mathematische Gestalt an. Mit den übrigen Wissenschaften an den gebildeten Hof der Ptolemäer versetzt, erreichte daselbst die griechische Astronomie ihren höchsten Gipfel, und von jetzt an haben wir fast bloß Alexandriner zu erwähnen. Wir haben noch ein Werk des Euklid und andre astronomisch-mathematische Werke übrig; aber der größte Astronom nach Pythagoras war Aristarch von Samos (200 J. v. Chr.) Er fand, daß der Umfang eines Kreises 7 mal so groß sei, wie der Halbmesser; aber am meisten gereicht ihm seine Methode zur Ehre, die Entfernung der Sonne von der Erde zu bestimmen. Er beobachtete den Winkel zwischen der Sonne und dem Monde in dem Augenblicke, wo er denselben gerade zur Hälfte beleuchtet glaubte, fand ihn 96° 7′ und schloß daraus, daß die Sonne 13 — 20 mal so weit entfernt sein müsse, wie der Mond. So ungenau dieses auch ist, so wurden doch die Grenzen des

Weltalls dadurch viel weiter hinausgerückt, als bis dahin. Auch widerlegte er den Einwurf, den man aus der durchaus unveränderten Lage der Sterne gegen die Ansicht von der Bewegung der Erde machte, ganz so, wie Kopernikus, durch die ungeheure Entfernung der Fixsterne. Sein Schüler Eratosthenes machte sich durch seine Bestimmung der Größe der Erde berühmt, die er durch den Unterschied der Mittagshöhen der Sonne in Siene und Alexandrien auf 250,000 Stadien schätzte. Auch durch den berühmten Mathematiker Archimedes in Syrakus und durch Apollonius wurde die Astronomie bereichert.

Aber der größte Beobachter des Alterthums war Hipparch aus Bithynien, der um 140 v. Chr. in Alexandrien blühte. Wenig befriedigt durch dasjenige, was bis dahin geschehn war, beschloß er Alles von vorn anzufangen und nur solche Resultate zuzulassen, die auf einer neuen Prüfung der früheren, oder auf völlig neuen und die seine Vorgänger an Genauigkeit übertreffenden Beobachtungen beruheten, und sein Fleiß wurde durch die schönsten Entdeckungen belohnt. Nichts gibt einen stärkern Beweis für die Ungewißheit der ägyptischen und chaldäischen Beobachtungen, als die Nothwendigkeit, in der er sich befand, sich auf die frühern Beobachtungen der alexandrinischen Schule zu beschränken. Er bestimmte die Länge des Jahres, indem er eine seiner Beobachtungen in der Sommer-Sonnenwende mit einer andren 45 Jahre ältren des Aristarch verglich, auf 365 Tage 5 Stunden $52^4/_5$ Minuten; indeß gestand er selbst die Unzuverlässigkeit der Solstitial-Beobachtungen und die Vorzüglichkeit der Aequinoktial-Beobachtungen ein. Er fand ferner die Ungleichförmigkeit der Sonnenbewegung, die von der Frühlings- zur Herbstnachtgleiche 187 Tage dauerte, und von dieser

zu jener nur 178. Auch in Rücksicht der Sonnenwende fand er sie ungleich getheilt, da von der Frühling- zur Sommer-Sonnenwende $94^1/_2$, und von dieser zum Herbstpunkte nur $92^1/_2$ Tage verflossen. Um diese Unterschiede zu erklären, behielt er zwar mit Plato die gleichförmige Kreisbewegung bei, aber, statt in den Mittelpunkt, setzte er die Erde $^1/_{24}$ Halbmesser davon entfernt, und die Erdferne in den 6ten Grad der Zwillinge. Nach diesen Grundsätzen entwarf er die ersten Sonnentafeln, die man in der Geschichte der Astronomie kennt. Zwar haben die neueren Erfahrungen über die Lage und Größe der Sonne seine Ansichten umgestoßen, aber diese Beobachtungen waren zu Hipparchs Zeit unmöglich, und seine Sonnentafeln bleiben, trotz ihrer Mängel, ein ewiges Denkmal seines Scharfsinns, welches Ptolemäus nach 3 Jahrhunderten noch verehrte, ohne dessen Vervollkommnung zu versuchen.

Der große Astronom betrachtete hierauf die Bewegung des Mondes. Durch die Vergleichung der Finsternisse maß er die Länge seiner Bahn und zugleich ihre Neigung und Excentricität, bestimmte die Bewegung seiner Knoten und seiner Erdferne, so wie auch seiner Parallaxe; er versuchte sogar die Sonnenparallaxe durch die Breite des Schattenkegels der Erde bei den Mondfinsternissen zu berechnen, aber hierdurch erhielt er kein genaueres Resultat, als Aristarch. Er machte auch viele Beobachtungen über die Planeten; aber zu großer Freund der Wahrheit, um ihre Bewegungen durch ungewisse Theorien zu erklären, überließ er die Lösung dieser Aufgabe seinen Nachfolgern.

Ein sehr wichtiges Unternehmen, nämlich ein Katalog der Fixsterne, wurde durch die Erscheinung eines neuen Sterns in seiner Zeit veranlaßt, damit die Nachwelt die Veränderungen, die sich

in dem Anblick des Himmels ereignen möchten, wahrnehmen könne; auch blieben ihm die Vortheile nicht verborgen, die ein solcher Katalog für die Beobachtungen des Mondes und der Planeten gewährt. Seine Methode war die des Timochares und Aristyll, welche etwa 300 v. Chr. den Stand der Sterne nach ihrer Lage zu den großen Kreisen der Himmelskugel bestimmten. Der Lohn für diese so mühsame als lange Arbeit war die Entdeckung der Vorrückung der Nachtgleichen. Indem er nämlich seine Beobachtungen mit denen früherer Astronomen verglich, fand er, daß die Sterne ihre Lage zum Aequator geändert, aber die Breite zur Ekliptik beibehalten hätten, so daß alle diese Aenderungen erkärt wurden, wenn man eine rechtgängige Bewegung der ganzen Himmelskugel um die Pole der Ekliptik annahm, die jährlich 35″ 9 betrage, oder eine rückgängige Bewegung der Nachtgleichen gegen die Sterne; aber er kündigte seine Entdeckungen mit einiger Schüchternheit an, da er von der Richtigkeit der Beobachtungen jener Astronomen nicht völlig überzeugt war. Auf dieselbe Weise, wie die Sterne am Himmel, bestimmte er die Lage der Oerter auf der Erde nach ihrer Breite und Länge, wozu er zuerst die Mondfinsternisse anwendete. Er ist daher der Begründer der genauern Geographie. Auch verdankt man ihm die sphärische Trigonometrie, welche er auf die zahlreichen Rechnungen, die seine Untersuchungen verlangten, anwendete. Seine Hauptwerke sind in den Bränden der alexandrinischen Bibliothek vernichtet worden, und wir kennen sie nur noch aus dem Almagest des Ptolemäus.

Der Zeitraum von fast 300 Jahren zwischen diesen beiden großen Astronomen brachte nur einige Beobachter hervor, als Agrippa, Menelaus und Theon. In diese Zeit gehört auch die Reform des

Kalenders durch Julius Cäsar und die genauere Kenntniß der Meerbewegungen. Posidonius beobachtete das Gesetz dieses Phänomens welches wegen seiner augenscheinlichen Beziehung auf die Bewegung der Sonne und des Mondes zur Astronomie gehört, 50 J. v. Ch., und der ältere Plinius gab davon eine durch ihre Genauigkeit merkwürdige Beschreibung.

Ptolemäus, in Ptolemais in Aegypten geboren, blühte zu Alexandrien um das Jahr 130 nach Chr. Das Bestreben des Hipparch, die Astronomie von Neuem durch Erfahrung festzusetzen, wurde von ihm fortgesetzt und mit solchem Glück, daß er durch sein Hauptwerk — das unter dem arabischen Namen Almagest (das große Werk), weil die spätern Europäer es zuerst durch eine arabische Uebersetzung kennen lernten, berühmt gewordene Lehrbuch der Astronomie — der Lehrer der Araber, der Neueuropäer und durch sie der ganzen Erde geworden ist. Er setzte die Beobachtungen der Sonne und vorzüglich des Mondes und der Planeten fort, und beobachtete den Mond, der früher fast nur in den Finsternissen beobachtet war, in seinem ganzen Laufe; er entdeckte die Evektion des Mondes, eine Ungleichheit der Mondsbewegung in den Quadraturen, und bestimmte ihre Größe mit vieler Genauigkeit; um sie zu erklären, ließ er den Mond sich auf einem excentrischen Epicykel bewegen, nach der dem Geometer Apollonius zugeschriebenen und schon früher von Hipparch angewendeten Methode.

Von Plato's bis auf Keplers Zeiten war der Irrthum allgemein, daß die gleichförmige Kreisbewegung, als die einfachste und natürlichste, auch die der Himmelskörper sein müsse. Ptolemäus setzte nun die Erde in die Mittelpunkte der Kreisbahnen, und suchte das Ungleichförmige der himmlischen Bewegungen zu er-

klären. Eudoxus hatte deshalb angenommen, daß jeder Planet an verschiedene koncentrische Kugeln befestigt sei und verschiedene Bewegungen habe; da er aber nicht erklärte, wie diese Kugeln durch ihre Wirkung auf die Planeten die mannigfaltigen Bewegungen hervorbringen, so verdient seine Hypothese kaum Erwähnung. Viel sinnreicher ist's, auf einem Umkreise, in dessen Mittelpunkt die Erde ist, sich den Mitttelpunkt eines andern Umkreises bewegen zu lassen, auf welchem sich wieder ein dritter bewegt u. s. f. bis zum letzten Umkreise, auf welchem sich der Körper selbst gleichförmig bewegt. Wenn der Halbmesser eines dieser Kreise die Summe der übrigen übertrifft, so wird die scheinbare Bewegung des Körpers um die Erde aus einer gleichförmigen mittleren Bewegung und aus mehreren Ungleichheiten bestehn, die von den Verhältnissen der verschiedenen Halbmesser, der Bewegung des Mittelpunkts und der des Sternes abhängt. Indem man ihre Anzahl vermehrt und ihnen zweckmäßige Dimensionen gibt, kann man die Ungleichheiten der scheinbaren Bewegung darlegen.

Dieses ist die allgemeinste Betrachtungsweise der Cykloiden und excentrischen Kreise, welche Ptolemäus in seinen Theorien der Sonne, des Mondes und der Planeten annahm. Er ließ diese nach folgender Ordnung um die Erde kreisen: Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter und Saturn. Es ist dieses das während vieler Jahrhunderte so berühmte ptolemäische System. In Rücksicht der Venus und des Merkur war die Meinung der Astronomen getheilt. Ptolemäus nahm die älteste Meinung an und setzte sie unter die Sonne, Andre setzten sie darüber, und endlich die Aegypter ließen sie sich um die Sonne bewegen. Dieses würde in Ptolemäus Ansicht so viel gewesen sein, als die Sonne in den Mittelpunkt der Cykloiden

beider Körper zu setzen, anstatt sie ihre Bewegungen um einen eingebildeten Punkt machen zu lassen. Aber sein System für die 3 obern Planeten für das richtige haltend, dehnte er es der Gleichförmigkeit wegen auch auf die beiden unteren aus, obgleich eine ähnliche Schlußfolge ihn umgekehrt auf das wahre System hätte führen können. Wenn aber auch die Epicyklen die Ungleichförmigkeit der scheinbaren Bewegung der himmlischen Körper darstellen könnten, so würde es doch in Hinsicht ihrer Entfernung immer unmöglich sein; bei den Planeten waren jedoch zu Ptolemäus Zeiten die Unterschiede der Entfernung fast unmerklich, da ihre scheinbaren Durchmesser nicht gemessen werden konnten. Bei dem Monde hätten seine Beobachtungen ihm seinen Irrthum zeigen sollen, denn nach seiner Ansicht wäre der Durchmesser des Mondes bei der Erdnähe in den Quadraturen doppelt so groß gewesen, als bei der Erdferne in den Syzygien. Eine andere, durch sein System nicht zu beseitigende Schwierigkeit, ist die Bewegnng der Planeten in der Breite; und jede Ungleichheit, welche durch die Vervollkommnung der Beobachtungskunst entdeckt wurde, belud sein System mit einem neuen Epicykel; statt sich durch die Fortschritte der Wissenschaft zu befestigen, wurde es immer zusammengesetzter, welches allein schon hinlänglich überzeugt, daß es nicht das System der Natur ist. Betrachtet man es aber als eine schickliche Methode, die himmlischen Bewegungen der Rechnung zu unterwerfen, oder sie geometrisch zu construiren: so gereicht der erste Versuch des menschlichen Geistes bei diesem verwickelten Gegenstande dem Scharfsinne des Urhebers zur größten Ehre.

Ptolemäus entwarf nach Hipparch ein Verzeichniß von 1028 Sternen, wobei viele Sterne der 5. und 6ten

Größe und mehrere sehr kleine Nebelflecken waren, ein Beweis, daß die langen Röhren den scharfen Augen der alexandrinischen Astronomen unter dem ägyptischen Himmel außerordentliche Dienste leisteten. Er bestätigte dabei die durch Hipparch entdeckte Bewegung der Nachtgleichen, so wie die gegenseitige Unbeweglichkeit der Sterne, ihre zur Ekliptik unveränderliche Breite und ihre Bewegung in der Länge, die er mit Hipparch auf 35″9 setzte. Aber diese Größe ist, wie wir jetzt wissen, 50″ jährlich; und wenn auch dem Hipparch der Irrthum zu verzeihen ist, so mußte doch Ptolemäus diesen Unterschied bemerkt haben, da er seit Hipparch über einen Grad betrug. Wie schwierig auch die Beobachtung der Länge gewesen sein mag, da sie jedes genauen Mittels, die Zeit zu messen entbehrten, so muß man doch über einen so großen Fehler erstaunen, besonders wenn man die völlige Uebereinstimmung betrachtet, die Ptolemäus als einen Beweis der Genauigkeit seines Resultates anführt.

Das astronomische Gebäude des Ptolemäus bestand fast 1400 Jahre, und noch jetzt, da es völlig zerstört ist, wird es als die Niederlage der alten Beobachtungen, als eins der kostbarsten Denkmäler des Alterthums betrachtet. Ptolemäus hat der Geographie nicht geringere Dienste geleistet, indem er alle bekannten Längen und Breiten der verschiedenen Oerter sammelte, und die Polarprojektionsmethode für die Landkarten erfand. Er verfaßte auch ein ausführliches Werk über die Optik, worin er die astronomischen Stralenbrechungen erklärte, welches uns aber nicht übriggeblieben ist. Er schrieb auch Werke über verschiedene Wissenschaften als Chronologie, Musik, Gnomonik und Mechanik. So viele und so mannigfaltige Arbeiten verrathen einen großen Geist, und wer-

den ihm immer einen ausgezeichneten Rang in der Geschichte der Wissenschaften erhalten. Als Europa zum zweiten Male aus dem Zustand der Barbarei heraustrat, mußte sein System dem der Natur weichen; die Menschen rächten sich an dem Despotismus, den er so lange hatte aufrecht erhalten helfen, und beschuldigten ihn, sich die Entdeckungen seiner Vorgänger angemaßt zu haben; und in der That waren zu seiner Zeit die Werke Hipparchs und der andren alexandrinischen Astronomen bekannt genug, um es für ihn unverantwortlich zu machen, daß er von seinen eignen Entdeckungen nicht die ihrigen unterschieden hat. Das hohe Ansehn, das seine Irrthümer so lange genossen haben, ist durch dieselben Ursachen veranlaßt, welche Europa zum zweiten Male in die Barbarei stürzten, und sein Ruf hatte dasselbe Schicksal, wie der des Aristoteles und des Descartes.

Mit den Arbeiten des Ptolemäus endigten sich die Fortschritte der alexandrinischen Schule; sie erhielt sich zwar noch 500 Jahre, aber die Nachfolger des Hipparch und des Ptolemäus begnügten sich, ihre Werke zu kommentiren, ohne ihre Entdeckungen zu vermehren. Nur Dionysius der Kleine mag erwähnt werden, der im Jahre 527 die jetzt übliche christliche Rechnung einführte, und durch Verbindung des Sonnencirkels von 28 Jahren mit der güldnen Zahl oder 19 Jahren eine genauere Osterrechnung angab; und auch der schönen unglücklichen Hypatia mögen ein paar Zeilen geweiht werden.. Sie war die Tochter des Astronomen Theon und bekleidete in Alexandrien einen Lehrstuhl der Philosophie und Mathematik; aber, trotz ihrer Tugenden, wegen ihres Heidenthums gehaßt, wurde sie von dem wüthenden Pöbel, unter der Anführung des heiligen Patriarchen Cyrillus, ermordet.

Während mehr als 600 Jahren hatte der Himmel fast keinen Beobachter. Rom, der Sitz der Tapferkeit und der Wissenschaften, that nichts für die Astronomie. Die hohe Achtung, die man immer der Beredtsamkeit und den Künsten des Krieges zollte, verlockte alle Geister, und die Wissenschaft, die keinen Vortheil darbot, wurde vergessen mitten unter der Eroberungssucht und den innern Unruhen, welche die Freiheit Roms zerstörten, um es dem Despotismus der Kaiser zu unterwerfen. Die Theilung des Reichs, eine nothwendige Folge seiner Ausdehnung, führte seinen Sturz herbei, und das Licht der Wissenschaft, von den Barbaren ausgelöscht, loderte erst wieder bei den Arabern auf.

Nachdem dieses Volk durch Fanatismus und Waffen, seine Herrschaft und seine Religion einem beträchtlichen Theile der Erde aufgedrungen hatte, beschäftigte es sich, so bald der erste Eifer abgekühlt war, aufs fleißigste mit den Wissenschaften, und hatte bitter die Zerstörung der berühmten alexandrinischen Bibliothek zu büßen, deren Ueberreste von dem Feldherrn des Kalifen Omar, nach der Eroberung Alexandriens (640), zum Heizen der Bäder gebraucht waren, wodurch sich die Eroberer der kostbarsten Früchte ihres Sieges beraubten. Bis zur Gründung des Kalifats (750) beschränkte sich die Sternkunde der Araber auf die Benennung der Sternbilder, die Beobachtung ihres Auf- und Untergangs und auf die Astrologie; auch hatten sie das Mondenjahr von 354 Tagen; aber von jener Zeit an begann für die Astronomie eine glänzende Epoche. Die Abassiden, selbst kenntnißreich, und freigebige Beförderer der Wissenschaften, erhoben die Astronomie auf eine bis dahin nicht erreichte Höhe: mit dem größten Fleiße wurden außerordentlich große Werkzeuge verfertigt, und die

genauere Messung der Zeit durch Sonnen- und Wasseruhren und vielleicht auch durchs Pendel, gab ihren Beobachtungen eine Genauigkeit, welche die der Griechen weit übertraf. Schon der Kalif Almansor (752) munterte zur Astronomie auf, aber von allen arabischen Fürsten, die sich durch ihre Liebe zur Wissenschaft auszeichneten, ist der berühmteste der Abassside Almamun, der Sohn des in ganz Asien so gefeierten Harun al Raschid. Er regierte zu Bagdad um das Jahr 814. Nach den Friedensbedingungen, die er dem von ihm besiegten griechischen Kaiser Michael II. auferlegte, mußte ihm dieser die besten griechischen Bücher ausliefern. So kam ein Schatz von Büchern aus Händen, die ihn nicht mehr zu gebrauchen verstanden, zu den Arabern, und darunter war auch der Almagest. Er wurde sogleich übersetzt, und verbreitete unter dem noch vor kurzem barbarischen Volke die Kenntniß der Astronomie, die früher den Ruhm der alexandrinischen Schule gegründet hatte. Nicht zufrieden, durch seine Freigebigkeit die Gelehrten aufzumuntern, beobachtete er selbst, bestimmte die Schiefe der Ekliptik und ließ einen Grad des Meridians in der ausgedehnten Ebene Mesopotamiens messen. Gleichen Eifer, wie früher auf Eroberungen, wendeten die Araber jetzt auf die Wissenschaften; überall erhoben sich Bibliotheken und Beobachter. Unter diesen zeichnete sich Alfargani (Alfraganus, 890) durch ein ganz auf ptolemäische Grundsätze gestütztes Lehrbuch der Astronomie aus.

Aber der berühmteste aller arabischen Astronomen ist Albatani (Albategnius) Gouverneur von Syrien, 900 J. n. Chr. Er gab die Schiefe der Ekliptik, die Vorrückung der Nachtgleichen, die Bewegung der Apsiden, die Excentricität der Sonnenbahn sehr genau an, und berechnete astronomische Tafeln, die uns noch jetzt von Nutzen sind. Nach ihm zeichneten

sich vorzüglich aus: Geber Ben Ofla (1050) in Sevilla, durch mathematische Entdeckungen — daher Algebra —, Arzachel aus Toledo (1080) durch die toledanischen Tafeln und Alhazen (1080) durch ein Werk über die Stralenbrechung. Der Polyhistor Ebn Raschid (Averrhoes, 1200) in Marokko, beobachtete wahrscheinlich zuerst einen Sonnenfleck. Auch in der mathematischen Geographie hatten die Araber in Al Edrisi (1150), einem in Rom getauften Mauren, und Abulfeda (1300) einem Prinzen in Damaskus, ausgezeichnete Lehrer. Mit dem Sturze der Abassiden durch die Türken, der Eroberung Bagdads durch die Mongolen (1258) und dem Sturze der Mauren in Spanien sank auch die wissenschaftliche Blüthe der Araber.

Indeß ging ihre Wissenschaft nicht mit ihnen unter. Die Perser erlangten von ihnen, oder ererbten vielleicht von ihren Vorfahren, einen sehr merkwürdigen Kalender. Unter 33 Jahren von 365 Tagen hat immer das 4te, statt des 32sten aber das 33ste, einen Schalttag, daß also 33 Jahre 8 Schalttage haben, welches genauer als der gregorianische Kalender ist, denn in 5000 Jahren beträgt der Fehler nur 1 Tag.

Die Eroberer Bagdads, die Mongolen, ahmten den Kalifen in der Beschützung der Wissenschaften nach. In einer auf Befehl des Fürsten Hulaku-Kan errichteten Sternwarte berechnete Nasireddin (1260) noch jetzt im Orient berühmte astronomische Tafeln. — Um 1450 berief Ulugh Beigh, Timurs Enkel, die Astronomen seines ungeheuren Reiches zu sich nach Smarkand, wo nach Beobachtungen mit den vortrefflichsten Hilfsmitteln der damaligen Zeit die vollkommensten Tafeln des Orients entworfen wurden. Aber, wie bei den Aegyptern und Indern, Griechen und Arabern, sanken mit der Herrschaft auch

die Wissenschaften; von allen astronomischen Entdeckungen ihrer Vorfahren blieben ihnen nur die Formeln zum Kalender, und Sterndeuterei nimmt jetzt im Orient den Rang der Sternkunde ein.

Zweite Vorlesung.

Neuere Geschichte der Astronomie von Kopernikus bis auf die neueste Zeit.

In allen kultivirten Ländern der alten und mittleren Zeit verehrt, und aus allen nach der Reihe vertrieben, fand endlich die Astronomie in dem neuen Europa eine Ruhestätte, wo sie seit 400 Jahren unablässig gepflegt, auf eine Stufe gebracht ist, deren fernere Erhöhung fast zu bezweifeln ist. Spanien war die Brücke, über welche mit andern Wissenschaften auch die Astronomie der Araber nach Europa kam, wohin um dieselbe Zeit die Wissenschaften der Griechen über Italien einwanderten. Drei gekrönte Häupter haben wir in dieser Periode zu nennen: den nachmaligen Papst Silvester II. (1000), der als Jüngling aus seinem Kloster in Spanien entfloh, um von den Mauren Mathematik und Astronomie zu lernen; Kaiser Friedrich II. (1230), dem trotz der thatenreichen unruhigen Regierung Astronomie die Lieblingsbeschäftigung war, so daß er einst, nächst seinem Sohne, eine schön gearbeitete Himmelskugel als sein liebstes Kleinod nannte, und Alfons X., den Weisen, König von

Kastilien, der, ein zweiter Almamun, mit großen Kosten Astronomen an seinen Hof rief, aber über das Studium der Astronomie seine Pflicht vergaß und fast die Krone eingebüßt hätte. Die Früchte seiner Arbeit sind die alfonsinischen Tafeln (1252), berühmter, als sie es verdienen; denn statt selbst zu beobachten, studirte man nun die Schriften der Griechen und Araber ohne an die Erweiterung ihrer Kenntnisse zu denken.

Jetzt wird Deutschland der Schauplatz der großen astronomischen Entdeckungen. Georg Peurbach hatte zuerst den glücklichen Gedanken, durch das Senkblei den Winkel, und durch die Himmelsbewegungen die Zeit zu bestimmen, indem er die Lage der Sonne durch die eines in demselben Augenblicke beobachteten Sternes bestimmte. Die alten Chaldäer konnten nur die Tageszeit, die Alexandriner höchstens die Stunde bestimmen, indem sie die Entfernung der Sonne kurz vor Untergang von dem zu gleicher Zeit sichtbaren Monde maßen, und diesen wieder in der Nacht mit einem Sterne verglichen. Er starb 1461 in Wien. Er und sein Schüler Joh. Müller aus Königsberg (Regiomontanus) verbesserten die Trigonometrie, wodurch Regiomontan astronomische Ephemeriden 30 J. voraus zu berechnen wagte. Er beobachtete auch zuerst (1472) die Entfernung eines Kometen. Er starb 1476 zu Rom. Der 3te in dieser Reihe war Bernhard Walther, ein Nürnberger, Schüler des Regiomontan, der seinen fürstlichen Reichthum auf die Verfertigung astronomischer Instrumente verwendete. Er hatte zuerst eine Uhr mit Räderwerk, entdeckte auch unter den Neuern die astronomische Stralenbrechung wieder.

Jetzt sind wir nun an der so wichtigen Epoche, wo die Astronomie, die Banden, die sie früher gefesselt

hatten, abwerfend, sich mit raschen und ununterbrochenen Schritten zur jetzigen Höhe erhoben hat, bei Kopernikus Entdeckung des wahren Weltsystems.

Kopernikus war geb. in Thorn den 19. Febr. 1473. Nachdem er, nach der damaligen Sitte, in Italien studirt hatte, setzte ihn ein Kanonikat in Marienburg in Preußen in den Stand, sich seiner Lieblingsbeschäftigung, der Astronomie, ganz zu widmen. Von der ausnehmenden Verwicklung des ptolemäischen Systems ermüdet, suchte er bei den alten Philosophen eine einfachere Anordnung des Weltalls zu finden. Er fand, daß die Aegypter die Venus und den Merkur um die Sonne kreisen ließen; daß Nicetas, nach Cicero, die Erde sich um ihre Achse schwingen ließ, und dadurch die ungeheure Geschwindigkeit der täglichen Bewegung des Sternhimmels beseitigte. Nach den Angaben des Aristoteles und Plutarch hatten die Pythagoräer gelehrt, die Erde und die Planeten kreisen um die Sonne, welche im Mittelpunkte des Weltalls sei. Diese hellen Ideen machten ihn aufmerksam, er wendete sie mit Erfolg auf die mit der Zeit vervielfältigten Beobachtungen an, und fand diese der Theorie der Erdbewegung gemäß. Die tägliche Bewegung des Himmels war nur Schein, und die Vorrückung der Nachtgleichen eine kleine Bewegung der Erdachse; einer der ptolemäischen Planetenepicykeln verschwand; in den unregelmäßigen, bald direkt bald indirekt gehenden Bewegungen fand er nun eine durch die Bewegungen der Erde und der Planeten um die Sonne hervorgebrachte Täuschung, und er bestimmte ihre bisher unbekannten Bahnen. Alles kündigte endlich in diesem Systeme die schöne Einfachheit der Naturerscheinungen an, die den Geist entzückt, sobald man glücklich genug ist, sie zu entdecken. Dieses ist das berühmte kopernikanische System, das bald fast allgemein ange-

nommen, fast nur Eitelkeit oder Aberglauben zu Gegnern hatte, so daß in unsern Tagen kaum ein unwissender Mönch seine Zweifel zu äußern wagt. Nach langem Zögern und auf dringendes Zureden seiner Freunde machte endlich Kopernikus, in einem Alter von 71 Jahren, sein berühmtes Werk über die Bewegungen der Himmelskörper bekannt, und um nicht an die allgemeinen Vorurtheile zu stoßen, stellte er seine Ansichten nur als Hypothese auf. „Die Astronomen, sagt er in seiner Zueignung an Papst Paul III., haben die Erlaubniß, sich Zirkel zu ersinnen, um die Bewegung der Sterne zu erklären, und ich glaubte mit ganzem Rechte untersuchen zu können, ob nicht die Annahme der Erdbewegung die Theorie dieser Erscheinungen genauer und einfacher mache." Der große Mann war nicht Zeuge des Erfolgs seines Werkes: er starb plötzlich, bei Empfang der ersten Druckbogen, den 24sten Mai 1543, und entzog sich dadurch den Verfolgungen, die seine Anhänger erdulden sollten. Sein Grab ist mit keiner Denkschrift geziert, aber sein Andenken wird eben so lange dauern, als die großen Wahrheiten, die er so unumstößlich festgestellt hat, daß sie endlich die Täuschungen der Sinne zerstreut, und die noch größern Hindernisse, welche Unwissenheit und Aberglaube ihnen entgegenstellten, überwunden haben.

Ein glücklicher Zufall veranlaßte die Entdeckung eines der wunderbarsten Werkzeuge, die der menschliche Geist erfunden hat, das den astronomischen Beobachtungen eine bis dahin nie gehoffte Genauigkeit und Ausdehnung gab, und neue Ungleichheiten und neue Welten im Himmel nachwies. Zwei Kinder eines Middelburgischen Brillenhändlers spielten 1590 mit zwei Gläsern, einem konkaven und einem konvexen, und sahen dadurch den vergrößert erscheinenden Hahn des Kirchthurms. Verwundert hierüber, sagen sie es ihrem Vater,

und daher die Fernröhre. Galilei (geb. zu Pisa 1564 nach Chr. und gestorben 1642) war der glückliche Astronom, der zuerst den unermeßlichen Nutzen des neuentdeckten Teleskopes erkannte, und es bald vervollkommnete. Der erste Blick, den er durch dasselbe nach den Sternen richtete, zeigte ihm die Trabanten des Jupiter und mit ihnen eine neue Aehnlichkeit zwischen den Planeten und der Erde. Die hellen Punkte, die er jenseit der Grenze des hellen und dunklen Theils der Mondscheibe entdeckte, lehrten ihn das Dasein und die Höhe seiner Berge kennen. Er beobachtete die Phänomene des Saturnringes, die Flecken und die Achsendrehung der Sonne, und endlich lös'te sich in einem Fernrohr die Milchstraße in eine zahllose Menge kleiner Sterne auf, die durch die Irradiation dem bloßen Auge ineinander flossen. Indem er diese Entdeckungen bekannt machte, zeigte er, daß sie unwidersprechlich die Bewegung der Erde bewiesen, aber, weil in der Bibel an verschiedenen Stellen von der Ruhe der Erde und der Bewegung des Himmels die Rede ist, und nach dem Buche Josua die Sonne einmal in ihrem Laufe stehen blieb, um den Sieg der Israeliten über die Eingebornen vollständig zu machen (nirgends steht jedoch, daß sie sich seitdem wieder bewegt habe), wurde Galilei's Lehre von einer Gesellschaft Kardinäle für ketzerisch erklärt, und er selbst, vor die Inquisition gefordert, mußte, um dem Gefängnisse zu entgehen, sich zum Widerrufe entschließen.

In einem Manne von so hohem Geiste ist die Wahrheitsliebe die stärkste Leidenschaft. Voll Enthusiasmus über seine großen Entdeckungen brennt er, sie zu verbreiten, und die Hindernisse, welche Unwissenheit und Aberglaube ihm entgegenstellen, erhöhen noch die Stärke der Leidenschaft. So auch Galilei. Durch seine eignen Beobachtungen von der Bewegung

der Erde überzeugt, sann er lange über ein Werk nach, worin er die Beweise entwickeln wollte; aber, um sich vor der Verfolgung zu schützen, deren Opfer er beinahe geworden wäre, machte er sein Buch in der Form von Gesprächen bekannt, worin ein Peripatetiker und ein Kopernikaner ihre Systeme zu vertheidigen suchten. Der Vortheil blieb natürlich auf der Seite des letztern; aber da Galilei, der dritte der Sprechenden, nicht zwischen ihnen entschieden und den Einwürfen des Ptolemäers alles mögliche Gewicht gegeben hatte, so hoffte er mit Recht, die Ruhe zu genießen, die sein Alter und seine Arbeiten verdienten.

Indeß das Glück, das seine Dialogen machten, und die siegreiche Art, womit alle Schwierigkeiten gegen die Bewegung der Erde aufgelöst waren, erweckten die Eifersucht der Inquisition, und der 70 jährige Greis wurde von neuem vor ihren Gerichtshof gefordert. Trotz der Vorstellungen des Großherzogs von Toskana, seines Beschützers, wurde er in's Gefängniß geworfen und mit der Strafe eines Abtrünnigen bedroht, wenn er fortführe, des Kopernikus System zu lehren. Er wurde zu folgender berüchtigten Abschwörungsformel gezwungen: „Ich, Galilei, im 70sten Jahre meines Alters persönlich vor Gericht gestellt, und die Augen gerichtet auf das heilige Evangelium, das ich mit meinen Händen berühre, mit aufrichtigem Herzen und Glauben, schwöre ab, verfluche und verabscheue den Irrthum, die Ketzerei der Bewegung der Erde u. s. w.“ Man erzählt, daß er in dem Augenblicke, wo er aufstand, empört, zu einem falschen Eide gezwungen zu sein, mit dem Fuße stampfend, gesagt habe: „Und doch bewegt sie sich.“

Welch ein Schauspiel! Ein ehrwürdiger Greis, berühmt durch ein langes, ganz der Wissenschaft der Natur geweihetes Leben, schwört auf den Knieen, von

einer Gesellschaft unwissender Pfaffen gezwungen, wider das Zeugniß seines Geistes und seines Gewissens, die Wahrheiten ab, die er so klar bewiesen hatte! Er wurde zu einem ewigen Gefängnisse verurtheilt, ein Jahr darauf aber durch die Verwendung des Großherzogs von Toskana wieder in Freiheit gesetzt. Indeß, damit er sich nicht der Macht der Inquisition entziehen könne, durfte er das Gebiet von Florenz nicht verlassen. Er starb auch daselbst 9 Jahre nachher zu Arretri.

Während dieses in Italien geschah, entdeckte Kepler in Deutschland die Gesetze der Planetenbewegungen. Ehe wir jedoch zu diesen übergehn, wollen wir die Fortschritte der Astronomie im Norden Europa's, seit dem Tode des Kopernikus, nachholen.

Hier bietet die Geschichte der Wissenschaft eine Menge Beobachter dar. Einer der ausgezeichnetsten war Wilhelm IV. Landgraf von Hessenkassel (1561); er ließ in Kassel eine Sternwarte bauen, die er mit trefflichen Instrumenten versah, und beobachtete daselbst viele Fixsterne sehr genau und nach derselben Methode, wie die jetzigen Astronomen. Auch Reinhold zu Wittenberg (1551) ist wegen seiner astronomischen Tafeln zu erwähnen, die er zuerst nach kopernikanischen Grundsätzen herausgab, und wegen der Bemerkung, daß die Merkursbahn oval sei, wodurch er gewissermaßen der Vorläufer Keplers wurde. Möstlin erklärte zuerst das aschfarbene Licht des Neumondes und beobachtete Kometen.

Aber der berühmteste Astronom zwischen Kopernikus und Kepler war der Däne Tycho de Brahe, geb. in Schonen den 13ten Decemb. 1546. Sein Hang zur Astronomie entwickelte sich bei ihm in seinem 14ten Jahre, bei Gelegenheit einer Sonnenfinsterniß im J. 1560. Die Genauigkeit der Rechnung, wodurch die

Erscheinung vorher gesagt wurde, flößte ihm die Begierde ein, ihre Grundsätze kennen zu lernen, und der Wunsch wurde noch durch das Widerstreben seines Lehrers und seiner Familie vermehrt. Während er in Leipzig am Tage die Rechte studiren mußte, beobachtete er des Nachts den Himmel und beschloß schon in seinem 17ten Jahre die Vervollkommnung der Planetentafeln. Nach einiger Zeit kehrte er in sein Vaterland zurück, und erhielt daselbst vom Könige Friedrich II. die kleine Insel Hween unweit Kopenhagen, wo er die durch ihn berühmte Sternwarte Uranienborg bauete; hier machte er während 21 Jahren zahllose Beobachtungen und wichtige Entdeckungen.

Die Erfindung neuer Instrumente und die Vervollkommnung der ältern verschafften seinen Beobachtungen eine größere Genauigkeit. Ein Sternkatalog, besser, als die des Hipparch und Ulugh Beigh; die Entdeckung der Ungleichheit des Mondes, die man Variation nennt; die Bewegung der Knoten und die Neigung der Mondsbahn; die interessante Bemerkung, daß die Kometen jenseit dieser Bahn sind; eine genauere Kenntniß der astronomischen Stralenbrechung, und endlich seine zahlreichen Beobachtungen über die Planeten, welche den Entdeckungen Keplers als Grundlage dienten, sind die ausgezeichneten Dienste, welche Tycho der Astronomie geleistet hat. Aber was ihn bei den Laien am bekanntesten machte, die Erfindung eines neuen Systems, gereicht ihm am wenigsten zum Ruhme. Ueber die Einwendungen der Gegner des Kopernikus gegen die Bewegung der Erde betroffen, und vielleicht auch aus Eitelkeit, einem neuen Systeme seinen Namen zu geben, verfehlte er das System der Natur. Nach ihm ist die Erde unbeweglich in der Mitte des Weltalls und alle Sterne bewegen sich in 1 Tage um die Weltachse; aber um die Sonne, die

sich in 1 Jahre um die Erde dreht, wälzen sich alle Planeten. Das Auge hat nach dieser Ansicht dieselben Eindrücke, wie nach der des Kopernikus, und hätte Tycho es vor dem letztern entdeckt, so würde er sich mit unsterblichem Ruhme bedeckt haben; aber man muß gestehn, daß er, obgleich ein großer Beobachter, doch niemals in dem Auffinden der Ursachen glücklich gewesen ist; sein wenig philosophischer Geist war sogar durch die Vorurtheile der Astrologie befleckt.

Nach dem Tode seines Gönners (1588) durch Neid und Verfolgung vertrieben, fand Tycho in dem deutschen Kaiser Rudolf einen Beschützer, mit dem er einige Zeit zusammen in Prag arbeitete, bis er im Jahre 1601 starb. Seinen Schatz von Beobachtungen hinterließ er seinem größeren Schüler, Kepler, und nun konnte er mit Recht auf seinem Sterbebette ausrufen: »Ich habe nicht umsonst gelebt.«

Kepler war den 27. December 1571 zu Weil im Würtembergischen geboren, und machte unter den drückendsten Nahrungssorgen jene Entdeckungen, die seinen Namen auf ewig der Vergessenheit entreißen. Ein mystisches Werk über die geheimnißvollen Verhältnisse der Zahlen und Figuren erwarb ihm den Schutz des Tycho zu Prag, der ihn zu Beobachtungen aufmunterte und ihm den Titel eines kaiserlichen Mathematikus verschaffte. Tycho's Tod setzte ihn in den Besitz einer zahlreichen Sammlung von Beobachtungen, wovon er den edelsten Gebrauch machte, indem er darauf drei der wichtigsten Entdeckungen gründete, die jemals in der Naturlehre gemacht sind.

Es war eine Opposition des Mars, die ihn bewog, die Bewegungen dieses Planeten zu seinen ersten Beobachtungen zu wählen. Eine glückliche Wahl! Denn in der Bahn des Mars, einer der excentrischsten des Sonnensystems, waren die Ungleichheiten der Be-

wegungen merklicher, und die Entdeckung ihrer Gesetze konnte mit größerer Leichtigkeit und Genauigkeit, als bei den übrigen, geschehen. Kepler, wie seine Vorgänger, über die Nothwendigkeit der Kreisform in den Planetenbahnen getäuscht, suchte die Beobachtungen des Mars nach dieser Hypothese darzustellen. Schon Kopernikus und Tycho hatten die Anzahl der Epicykeln gehäuft, und durch jede neu entdeckte Ungleichheit wurden sie es noch mehr. Endlich, nach vielen Versuchen, befreite er sich von den 2000jährigen Fesseln. Er entdeckte, daß die Bahn des Mars eine Ellipse sei, wovon die Sonne einen Brennpunkt einnehme, und daß die Geschwindigkeit der Bewegung so sei, daß der Radius Vektor immer in gleicher Zeit gleiche Räume beschreibe, und entwickelte dieses in seinem berühmten Werke über den Mars.

Die geheimnißvollen Analogieen der Pythagoräer, die vielleicht durch ähnliche Entdeckungen veranlaßt waren, verführten Kepler; aber er verdankte ihnen auch eine seiner schönsten Entdeckungen. Ueberzeugt, daß die mittleren Entfernungen der Planeten zur Sonne diesen Analogieen gemäß sein müßten, verglich er sie lange mit den regulären geometrischen Figuren und den Intervallen der Töne. Nach 17jährigen Betrachtungen und Rechnungen, als er die Potenzen der Zahlen zu vergleichen anfing, fand er, daß die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten und die Kuben der großen Achsen der Bahnen in demselben Verhältnisse stehen. Ein sehr wichtiges Gesetz, das er auch in dem System der Jupiterstrabanten beobachtete und das sich bei allen Trabantensystemen bestätigt. Seine Planeten-Tafeln, die er die Rudolfinischen nannte, eine Frucht 20jähriger Arbeit, haben allen spätern zum Muster gedient.

Kepler erklärte die Lage des Sonnensystems durch

die Gesetze des musikalischen Einklangs. Ueberhaupt gefällt er sich in seinen letzten Werken in spekulativen Träumereien, die er für das Leben und die Seele der Astronomie hält. Er leitet daraus die Excentricität der Erdbahn, die Dichtigkeit der Sonne, ihre Parallaxe und andre Resultate ab, deren jetzt entdeckte Ungenauigkeit ein Beweis von den Irrthümern ist, denen man sich durch Abweichen von der durch Beobachtung bezeichneten Bahn aussetzt. Unter den zahlreichen fruchtlosen Versuchen und Irrthümern blicken jedoch in dem Werke, worin er seine vorzüglichsten Entdeckungen bekannt gemacht hat, einige helle Gedanken hervor, die den neueren, über diesen Gegenstand angenommenen Begriffen entsprechen. „Die Schwere, sagt er in seinem Werke über den Mars, ist nur ein gegenseitiges Streben zwischen ähnlichen Körpern; die schweren Körper streben nicht nach dem Mittelpunkte der Welt, sondern nach dem des runden Körpers, wovon sie einen Theil ausmachen, und wenn die Erde nicht kugelförmig wäre, so würden die schweren Körper nicht nach dem Mittelpunkte, sondern nach verschiedenen Punkten fallen."

Ungeachtet seiner Rechte auf die öffentliche Bewunderung lebte Kepler im Elende; nur die Astrologie wurde damals geehrt und freigebig belohnt, und die großen Astronomen seiner Zeit, Descartes und Galilei, welche die größten Vortheile aus seinen Entdeckungen hätten ziehen können, vernachlässigten sie oder verkannten ihre Wichtigkeit. Vielleicht trug dazu auch der allerdings etwas anmaßende Ton bei, womit Kepler sie bekannt machte.

Alles vereinigte sich jetzt, um die Astronomie auf eine sehr hohe Stufe zu bringen. Der schottische Baron Neper (1600) berechnete Logarithmen, und Briggs (1730) verbesserte sie, wodurch die

Rechnungen so sehr erleichtert wurden; dasselbe bewirkten Descartes in Frankreich, Galilei in Italien, Huygens in Holland und endlich die beiden Heroen, der Engländer Newton und der Deutsche Leibnitz durch ihre mathematischen Entdeckungen, während Galilei, Kepler und Newton das Hauptwerkzeug der neuern Astronomie, das Fernrohr, verbesserten. Vorzüglich leistete Huygens (1629 — 1695) durch seine Erfindung der Pendeluhr, dem genauesten Maße der Zeit, der Wissenschaft die größten Dienste, die er durch die Entdeckung des Ringes und eines Trabanten des Saturn vermehrte. Hevelke (Hevelius 1611 — 1687) aus Danzig, beobachtete mit außerordentlichem Fleiße vorzüglich den Mond, wovon er die ersten Karten entwarf. Dominico Cassini aus Nizza (1625 — 1712), durch die Freigebigkeit Ludwig des Vierzehnten nach Paris gezogen, bereicherte die Astronomie durch 40 jährige nützliche Arbeiten mit einer Menge Entdeckungen über die Theorie der Jupiterstrabanten, deren Bewegung er durch die Beobachtung ihrer Finsternisse bestimmte, durch 4 Trabanten des Saturn, die Rotation des Jupiter, des Mars, das Zodiakallicht, eine sich der Wahrheit sehr nähernde Kenntniß der Sonnenparallaxe, eine genaue Tabelle über die Stralenbrechung und die vollständige Theorie der Mondsschwankungen.

Einer der größten Beobachter war Flamstead zu Greenwich (1700). Halley aus London (1656 - 1742) machte sich berühmt durch Reisen, die er zum Vortheil der Wissenschaften unternahm, durch seine Untersuchungen über die Kometen, indem er die Rückkehr des Kometen von 1759 voraussagte, und durch den scharfsinnigen Gedanken, den Durchgang der Venus vor der Sonnenscheibe zur Bestimmung der Sonnenparallaxe anzuwenden.

Descartes (Cartesius 1596 — 1650) war der erste, der die himmlischen Bewegungen auf ein mechanisches Prinzip zurückzuführen suchte. Alle Bewegung sollte von Wirbeln eines feinen Stoffes herrühren, in deren Mittelpunkt er die Hauptkörper setzte. Der Wirbel der Sonne setzte die Planeten, und der Wirbel des Planeten die Trabanten in Bewegung; aber die Kometen die den Himmel in allen Richtungen durchkreuzen, zerstörten diese Wirbel, wie früher die festen Kugeln der alten Astronomen. Descartes war also in seiner mechanischen Theorie nicht glücklicher, als Ptolemäus in seiner astronomischen. Ihre Arbeiten sind jedoch für die Wissenschaft nicht ganz ohne Nutzen geblieben. Ptolemäus hat uns nach 1400 Jahren die wenigen astronomischen Wahrheiten, welche die Alten entdeckt hatten, hinterlassen, und Descartes, später und in einer Zeit geboren, wo die Aufmerksamkeit der Menschen auf die Wissenschaften gerichtet war, wußte ihr einen neuen Schwung zu geben, indem er an die Stelle der alten Irrthümer lockendere, auf das Ansehen seiner geometrischen Entdeckungen gegründete setzte. Er konnte hoffen, das Reich des Aristoteles und des Ptolemäus zu zerstören; aber, den Grundsatz aufstellend, daß man damit anfangen müsse, an Allem zu zweifeln, waffnete er uns gegen ein System, das den neuen Wahrheiten, die ihm entgegengestellt wurden, nicht lange widerstehen konnte. Newton war es vorbehalten, die himmlischen Bewegungen durch die allgemeine Lehre von der Schwere zu beweisen.

Dieser mit Recht so gefeierte Naturforscher wurde zu Woolstrop in England den 25sten December 1642, dem Todesjahre Galilei's, geboren. Seine ersten Versuche kündigten durch ihren Erfolg seinen künftigen Ruf an. Ein rasches Lesen der Elementarbücher der Astronomie reichte für ihn hin, sie zu begreifen,

er studirte die Geometrie des Descartes, die Optik Keplers und die Arithmetik der unendlichen Größen von Wallis, und, nach neuen Entdeckungen strebend, ersann er, noch nicht 27 Jahr alt, seine Fluxionsmethode und seine Theorie des Lichts. Die Ruhe liebend und wissenschaftlichen Streitigkeiten abhold, verschob er die Bekanntmachung seiner Werke; indeß verschaffte ihm Barrow, sein Freund und Lehrer, eine Stelle als Professor der Mathematik in Cambridge, und in dieser Periode gab er auch, auf den Wunsch des Halley und das Ansuchen der königlichen Gesellschaft, seine Principia heraus. Die Universität, deren Mitglied er war, erwählte ihn zu ihrem Repräsentanten im konventionellen Parlamente im J. 1688. Er wurde von der Königinn Anna zum Baronet und zum Münzdirektor ernannt, und im J. 1703 zum Präsidenten der königlichen Gesellschaft erhoben, eine Würde, die er bis an seinen Tod bekleidete.

Indem Newton die Keplerschen Gesetze genau untersuchte, fand er, daß sie sich alle aus dem Grundsatze ableiten ließen, daß die Schwere im Verhältniß der Masse und verkehrt wie die Quadrate der Entfernungen wirke; und wies es für die Planeten in Rücksicht der Sonne, und für die Trabanten in Rücksicht der Hauptplaneten nach. Er fand, daß die Rotationsbewegung der Erde ihre Krümmung an den Polen vermindert haben müsse, und bestimmte die Veränderungen der Schwere und der Grade der Mittagskreise in den verschiedenen Theilen der Erde. Er sah, daß die Wirkung der Sonne und des Mondes auf das Erdsphäroid eine Bewegung der Rotationsachse hervorbringen müsse, wodurch die Nachtgleichen vorrücken, die Gewässer des Oceans sich erheben, und die unter dem Namen der Ebbe und Fluth bekannten Schwankungen jener großen Wassermasse entstehen. Er wurde über-

zeugt, daß die Ungleichheiten der Mondsbahn durch die vereinigte Wirkung der Sonne und der Erde hervorgebracht werden, und er berechnete alles dieses entweder selbst, oder zeigte seinen Nachfolgern den einzig sichern Weg, um die noch zu entdeckenden Erscheinungen der Himmelskörper zu erklären. Seine Bescheidenheit kam seinen Kenntnissen gleich, und auffallend spricht sich dieses in der Vorrede aus, womit er seine berühmten Principia in die Welt einführte. Wie hoch steht er in dieser Rücksicht über dem wenigstens eben so mystischen als denkenden Verfasser der Harmonia mundi! Er kannte nur eine Leidenschaft, die Liebe zu den Wissenschaften, und ob ein andrer, als er, eine Entdeckung früher gemacht habe, war ihm gleich, wenn die Wissenschaft nur dabei gewann, und als er, ein hochbetagter Greis, (20. März 1727) starb, trugen die Pairs des Reichs sein Leichentuch.

Auf dem von ihm bezeichneten Wege schritt nun die Astronomie immer weiter fort. So große Entdeckungen, wie im 17ten Jahrhundert, konnten zwar im 18ten nicht gemacht werden; aber in allen Ländern, auf allen Meeren beobachteten europäische Astronomen aus der Schule des Kepler und Newton. Die Spiegelteleskope von Newton und Herschel, die achromatisch-dioptrischen von Dollond und Frauenhofer, und die Chronometer erhoben die Genauigkeit der Beobachtungen auf den höchsten Gipfel; die immer mehr vervollkommnete höhere Mathematik gab der Newtonschen Theorie neue Stützen, und die Mécanique céleste von La Place stellt sich würdig dem Newtonschen Werke an die Seite.

Bradley beobachtete in England die Fixsterne, entdeckte die Aberration des Lichts und die Variation der Erdachse, und in ihnen neue Beweise für die Be-

wegung der Erde und die ungeheure Entfernung der Fixsterne. La Caille beobachtete den Himmel der südlichen Halbkugel, und während Schröter die Berge und Thäler der Sonne, des Mondes und der Planeten zu ergründen erstrebte, drang Herschel mit seinen Fernröhren in Entfernungen, die selbst die Phantasie sich nicht vorzustellen wagt, suchte die Vertheilung der Sterne durch den unermeßlichen Raum zu ergründen, und wies in den entferntesten Nebelflecken, wie in den Fixsternen und der Sonne, Erscheinungen nach, die vielleicht das Räthsel der Weltbildung erklären werden.

Die seit Jahrtausenden festgesetzte Zahl von Planeten wurde von Herschel durch den Uranus (1781) vermehrt, und der erste Tag des 19ten Jahrhunderts wurde von Piazzi mit der Entdeckung der Ceres gefeiert. Durch neue Untersuchungen von Herschel, Piazzi, Olbers, Harding wurde die Zahl der Planeten auf 11, die der Trabanten auf 18 erhöht. Die Oberfläche der Himmelskörper wird erforscht, ihre Entfernung, ihre Größe, Masse, ihr specifisches Gewicht immer genauer bestimmt, die Bewegung, Entfernung und Größe der Fixsterne immer bekannter, und Alles läßt hoffen, daß das 19te Jahrh. sich würdig den beiden vorigen anschließen werde.

Dritte Vorlesung.

Allgemeine Uebersicht der Himmelskörper und der Art, sie zu beobachten.

Zu den schönsten Gegenständen, womit die Natur das menschliche Auge erfreut, gehört der Anblick des gestirnten Himmels. Die zahllose Menge größerer und kleinerer leuchtender Körper, die sich aus dem dunkeln Luftmeere wie Inseln zu erheben scheinen, erfüllen uns noch jetzt mit Erstaunen; kein Wunder, daß Menschen, die nicht, wie wir, die Erfahrung von 150 Generationen vor sich hatten, von Anbetung hingerissen, Götter zu sehen glaubten, wo bloß todte Kugeln sich bewegten! Doch bald mußte die Anbetung dem aufmerksamen Beobachten weichen, und im Laufe der Jahrtausende wurden Werkzeuge erfunden, die die Kenntniß der Gestirne und ihrer Bewegungen auf eine früher nie geahnete Höhe erhoben.

Die erste Erfahrung am Himmel ist der Wechsel von Tag und Nacht. In langsamer Bewegung schreiten die Sterne über uns weg, um bald unter unserm Gesichtskreise zu verschwinden, während andre stets die Stelle der verschwundenen einnehmen; bis endlich die Sonne sich erhebt, alle Sterne verscheucht, um allein am Gesichtskreise zu herrschen; aber auch sie hat nach einigen Stunden den Himmel durchschritten, und nachdem sie uns Licht und Wärme

gegeben, verschwindet sie gleichfalls aus unsrem Gesichtskreise, und die Sterne erscheinen von neuem am Himmel.

Wo die Sterne während des Tages weilen, bleibt nur dem Unaufmerksamsten verborgen. Allmälig nur verschwinden sie des Morgens, und wenn die kleinern längst nicht mehr sichtbar sind, leuchten die größeren, wenn gleich mit matterm Glanze, noch fort, bis auch sie uns unsichtbar werden, aber nur auf kurze Zeit; denn sie sind auch die ersten, die uns beim Untergange der Sonne wieder sichtbar werden, und dieß um so mehr, je weiter sie von der Sonne entfernt sind. So erscheint der Mond, der die Nächte so herrlich erleuchtet, am Tage, durch den Glanz der Sonne verdunkelt, nur wie ein schwaches Wölkchen. Und wenn der Zufall einen Beobachter in einen tiefen Brunnen führt, oder die Sterne durch eine lange Röhre betrachtet werden, so sieht man, selbst wenn die Sonne hoch am Himmel steht, die in der Nacht bekannt gewordenen Sterne wieder; auch unsere Fernröhre machen sie uns zu jeder Tageszeit sichtbar. Der Glanz der Sonne ist's also nur, welcher die Sterne verdunkelt, und sie bewegt sich zwischen ihnen am Himmel, aber als das erste Gestirn.

Dieser Bewegung ungeachtet behält der bei weitem größere Theil der Gestirne seine Lage und Entfernung gegen einander; die Gruppen, die sie bilden, bleiben unverändert, als wären sie befestigt an der Oberfläche der azurnen Kugel, die uns umgibt. Man nennt sie Fixsterne. Es sind theils einzelne Sterne von sehr verschiedenem Glanze, die sich durch unsere Fernröhre als leuchtende Punkte zeigen, theils kleinere und größere Flecken von nebelartigem Schimmer, die uns unter den Namen Milchstraße, Nebelflecken bekannt sind.

Unter den Sternen welche, sich nicht in jene Ordnung fügend, sich auf eigenthümliche Art auf jener Himmelskugel bewegen, nimmt die Sonne den ersten Rang ein. Diese glänzende Kugel scheint sich am Himmel in einer der Bahn der Sterne fast entgegengesetzten Richtung zu bewegen. Sie verursacht die Abwechselung der Jahreszeiten; ihr Dasein gibt uns den Tag, und ihre Abwesenheit würde uns in völligem Dunkel lassen, wenn nicht der Mond und die Sterne unsre Nächte erhellten.

Fast von gleicher Größe, aber mit ungleich geringerem Glanze, scheint der Mond um uns zu kreisen; denn, wie die Erde, empfängt auch er erst sein Licht von der Sonne, und da die uns zugekehrte Hälfte der Mondskugel selten ganz erleuchtet ist, so zeigt er uns auch nur selten eine volle Scheibe (Vollmond), sondern gewöhnlich einen entweder mehr scheiben- oder mehr sichelähnlichen Theil derselben, ja zuweilen ist er uns fast ganz unsichtbar (Neumond).

Außer diesen beiden, die sich schon durch ihre Größe von den übrigen Sternen auszeichnen, finden wir mit bloßem Auge oder durch Hilfe der Fernröhre noch 10 andre, die sich durch ihr ruhigeres Licht, ihre durch Fernröhre merkliche Größe und vor allem durch ihre Bewegung von den Fixsternen unterscheiden: man nennt sie Planeten. Sie bewegen sich in kreisähnlichen Bahnen in verschiedenen Zeiten um die Sonne, von der sie, wie Erde und Mond, ihr Licht empfangen. Zwischen ihnen kreist, wie wir sehen werden, die Erde um die Sonne; sie gehört also für einen außerirdischen Beobachter zu den Planeten, und gleicht ihnen auch in den übrigen Punkten.

Einige dieser Planeten werden auf ihrer Bahn von kleinern Sternen begleitet, die wir Trabanten nennen, und die uns nur durch Fernröhre sichtbar sind.

Sie bewegen sich um die Planeten, wie diese um die Sonne. Auch die Erde hat einen solchen Begleiter am Monde.

Nicht selten beobachtet man Sterne, die zuweilen der Sonne an Größe wenig nachzustehen scheinen, ihr sehr nahe kommen, und sich dann auf lange Zeit, vielleicht auf ewig, wieder von ihr entfernen, wodurch sie sich von den Planeten unterscheiden. Da sie gewöhnlich von haarähnlichen Schweifen oder Büscheln begleitet sind, heißen sie Kometen, Haar- oder Schweifsterne. Alle diese Körper theilen die allgemeine regelmäßige Bewegung des Himmels, und unterscheiden sich dadurch von den Erscheinungen unserer Atmosphäre, den Wolken, Nordlichtern u. a., die, wenn nicht Winde oder andere irdische Ursachen sie zerstreuen, unbeweglich über unserm Haupte schweben. Unentschieden ist's noch, wohin jene Steine und schleimigen Massen zu zählen sind, die zuweilen auf die Erde fallen, die Feuerkugeln, Sternschnuppen u. dgl. Vielleicht gelingt's uns in der Folge, diese Fragen zu beantworten.

Die Sonne mit ihren Planeten, Trabanten und zahllosen Kometen oder das Sonnensystem, machte lange den einzigen Gegenstand der Astronomie aus. Erst spät wagte man mit den vollkommensten Fernröhren in die Fixsternwelt zu dringen, und hoffte vielleicht die Grenzen derselben zu erspähen; aber je mehr man sich ihr zu nähern glaubte, desto weiter rückte sie fort; durch vollkommnere Werkzeuge betrachtet, zeigte der Himmel stets eine größere Anzahl von Sternen; einfache Sterne zeigten sich als Doppel-, ja dreifache Sterne, die sich in Perioden von Jahrhunderten oder Jahrtausenden um einander bewegen; die meisten Lichtnebel als Sammlung zahlloser kleiner Sterne, deren Entfernung von uns und Nähe zu einander

uns den Anblick einer bloßen Wolke gewährt; andre dagegen als sich formende Welten, die in ihrer Bildung mehr oder weniger fortgerückt sind. Man erkannte, daß vom nächsten Fixsterne aus unsre Sonne nur ein leuchtender Punkt sei, und von dem entfernten Standpunkte manches Nebelflecks mit allen uns einzeln umgebenden Sternen einen bloßen Schimmer gewähre. Die Fixsterne leuchten also als entfernte Sonnen, die gewiß nicht minder wie die unsrige von kleinern Körpern umkreist werden. Das Licht des entferntesten Planeten unsres Systems gelangt schon kaum zu uns; die Planeten, Trabanten nnd Kometen andrer Sonnen bleiben uns ewig unsichtbar, und wie mancher Körper, der an Größe unsrer Sonne nicht nachsteht, mag, von uns ungesehen, vor uns im Raume schweben, bloß weil er dunkel ist!

Die Himmelskörper nun, ihre Bewegungen, ihre Entfernungen, ihre Größe zu untersuchen; die Ursachen ihrer Erscheinungen und den Einfluß, den sie auf die Körper unsrer Erde üben, zu erforschen, ist eine würdige Aufgabe des menschlichen Geistes und der Gegenstand der Astronomie; aber die Mittel sind schwierig und ihr Gebrauch noch durch mannigfache Täuschung erschwert.

Die erste Aufgabe, die man mit Genauigkeit löste, war die Bewegung der Himmelskörper. Durch Fernröhre kann man die Richtung, in der sich ein Gestirn gegen uns befindet, sehr genau bestimmen, und indem man diese zu verschiedenen Zeiten beobachtet, läßt sich die Bewegung am Himmelsgewölbe kennen lernen: aber ihre wahre Bewegung bleibt uns noch verborgen, denn zwei der wichtigsten Punkte sind fortwährend unentschieden, nämlich ihre Entfernung von uns, und die Bewegung oder Ruhe der Erde.

Das Auge sieht eigentlich nur die Oberfläche der

Körper, die ihm von allen Seiten ihr eigenes oder erborgtes Licht zusenden; dieses bildet einen Lichtkegel, der die Grenzen des Körpers berührt und dessen Spitze das Auge ist, und alle Körper, die denselben Lichtkegel in unserm Auge bilden, erscheinen ihm in gleicher Größe, unabhängig von ihrer Entfernung. Ein Körper B (Fig. 1) erscheint uns nicht größer, als C, weil beide denselben Winkel am Auge A bilden. Wenn sich aber B dem Auge nähert und in die Lage B' kommt, so wird der Winkel größer und der Körper scheint dem Auge um so größer zu werden, je mehr er sich ihm nähert. Wir bleiben zweifelhaft, ob ein vor unserm Auge schnell vorübergeflogenes Thier, dessen Gestalt wir nicht unterscheiden konnten, ein nahes Insekt, oder ein entfernter Vogel war. Dieses weiß auch der Maler sehr wohl; — in einem richtig gezeichneten Gemälde sind die dem Beschauen nahen Gegenstände groß, die andren um so kleiner, je mehr sie im Hintergrunde stehen; und so ist der nahe Baum, der nahe Mensch größer, als der entfernte Berg.

Da wir Kreise und Winkel öfter erwähnen werden, so möchte manchem unserer Zuhörer eine Erläuterung nicht unwillkommen sein.

Ein Winkel, oder die Neigung zweier Linien zu einander, wird am besten durch den Theil des Kreises gemessen, den sie einschließen. Ein Kreis ist, wie bekannt, eine krumme Linie in einer Ebene, die überall von einem Punkte gleich weit entfernt ist. Linien nun von diesem Punkte, dem Mittelpunkte des Kreises, nach dem Umkreise heißen Halbmesser oder Radien; eine Linie zwischen zwei Punkten des Umkreises heißt Sehne, geht sie zugleich durch den Mittelpunkt, so heißt sie Durchmesser, Diameter. Diese sind die größten aller Sehnen. Der Kreisbogen, den zwei Halbmesser einschließen, bietet ein be-

quemes Maß für den Winkel dar, dessen Größe man bestimmen kann, in so fern der Bogen $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_{10}$ des ganzen Umkreises beträgt. Man hat der Bequemlichkeit willen den ganzen Kreis in 360 Theile getheilt, die man Grade nennt, und jeden Grad wieder in 60 Minuten zu 60 Sekunden. Ein Winkel der den 7ten Theil des Kreises einschließt, enthielte alsdann 51 Grade, 25 Minuten, 42 und etwa $^{857}/_{1000}$ Sekunden, oder, wie man gewöhnlich abgekürzt schreibt, 51°25'42",857.

Ein Winkel, der den vierten Theil des Kreises umschließt, oder 90° mißt, heißt ein rechter Winkel; ein größerer stumpf, ein kleinerer spitz. Es kommt natürlich auf die Größe der Linien, die den Winkel einschließen — die Schenkel desselben — und des Kreises nichts an: das Verhältniß bleibt dasselbe.

Den Winkel, den zwei von unserm Auge nach zwei Punkten gezogene Linien mit einander machen, nennt man die scheinbare Entfernung derselben; sind es die äußersten Punkte eines Körpers, dessen scheinbare Größe. In ähnlichem Sinne spricht man von dem scheinbaren Durch- und Halbmesser entfernter Kugeln, welches alle uns bekannten Himmelskörper sind. Die scheinbare Größe und die scheinbaren Entfernungen nehmen mit der Nähe der Gegenstände zu.

Zum Glück beobachtet der Mensch nicht bloß mit dem äußeren Auge; zwar kennt der Säugling und der eben von Blindheit Genesene den Unterschied der Entfernungen nicht, er hascht nach dem Schmetterling' wie nach dem in den Wolken fliegenden Adler; aber bald lernt er, häufig getäuscht, durchs Gefühl die Empfindungen des Auges prüfen; Körper, deren Gestalt und Größe ihm bekannt sind, scheinen ihm auch in der Entfernung nicht kleiner; es müßte sonst von einem ungewöhnlichen Standpunkte, etwa einem

Thurme aus sein. Aus der sichtbaren Gestalt ruft er sich unwillkührlich die bekannte Größe zurück, und je nachdem diese sich zur scheinbaren verhält, schließt er wiederum unbewußt auf die Entfernung. Den hoch in den Lüften fliegenden Adler erkennt der kundige Jäger an der Gestalt, und nach der scheinbaren Größe, in welcher er ihn sieht, schätzt er die Entfernung.

Auch die Stärke des Lichts und andre Umstände unterstützen unser Urtheil über die Entfernung, und der Maler, der Alles geschickt zu benutzen weiß, täuscht uns, indem wir die uns geläufigen Erfahrungsregeln auf eine unpassende Sache übertragen. Aber man versetze einen Gegenstand, dessen Größe uns unbekannt ist, auf die Oberfläche des weiten Oceans, wo kein naher Körper unserm Auge als Maßstab dient, oder in bedeutende Höhen; so unterscheidet oft selbst das geübte Auge des Seemanns nicht, ob der dunkle Streif, der den Saum seines Gesichtskreises deckt, von Wolken herrühre, oder von einem nahen Hügel, oder einem entfernten Gebirge.

Schon die Wolken, die nur wenige Tausend Fuß von der Erde entfernt sind, erscheinen uns in gleicher Höhe mit den meilenhohen, und alle halten wir für Theile desselben sich über uns erstreckenden Gewölbes, über welchem selbst die Himmelskörper nicht erhaben zu sein scheinen. An diesem Gewölbe scheinen sie sich auch zu bewegen, sie mögen sich nähern oder sich entfernen, ihre Bahn mag gerade oder gekrümmt sein; wir gewahren sie nur, in so fern sich ihre Lage zu uns ändert, und die 3 Bewegungen Bb, Cc, Dd (Fig. 2.) machen denselben Eindruck auf uns, wie Ee. Wie wenig können wir also auf diesem Wege von den Bewegungen der Himmelskörper erfahren; und wenn wir nicht auf andre Weise von der Bahn derselben wüßten, ob sie geradlinig, oder kreis-

förmig, ob die Geschwindigkeit gleichförmig sei, oder in welchem Grade nicht; wenn wir ferner nicht aus der Veränderung der scheinbaren Durchmesser auf die Entfernung schließen könnten: so würde die Bewegung der Himmelskörper, trotz der schärfsten Fernröhre und der fleißigsten Beobachtung, uns ewig ein Räthsel bleiben.

Aber selbst wenn dieses Räthsel gelöst ist, und wir die Bahn eines Gestirns an unserm Himmel nach Entfernung und Richtung genau bestimmen können, bleibt uns noch eine zweite Schwierigkeit, die wahre Bewegung der Himmelskörper kennen zu lernen: dieses ist die Ungewißheit, ob unsre Erde auch in Ruhe ist. Zwar empfinden wir keine Bewegung, aber dieses geschieht nur dann, wenn unser Körper selbst in ungleichförmige Bewegung gesetzt wird, wie beim Laufen, Fahren u. dergl.; wo aber die Theile unsers eigenen Körpers keine Störungen erleiden, können wir nur aus dem Anblicke der uns umgebenden Körper auf Bewegung oder Ruhe schließen. Nichts verräth dem an das Element gewöhnten Seefahrer im Innern seines ruhig segelnden Schiffes eine Spur von Bewegung; nichts wird daselbst durch den Mangel an Ruhe geändert, und ein von dem Maste herabfallender Stein fällt am Fuße desselben nieder, obgleich das Schiff indeß weit fortgerückt ist; erst wenn er das Ufer sich entfernen sieht, schließt er, daß, da jenes in Ruhe bleibt, das Schiff wol das sich Bewegende sein müsse; eben so geht's dem Luftschiffer. Da nun die Himmelskörper auf ihrer Bahn noch weit weniger Störungen erleiden, als See- und Luftschiff, so können ihre Bewohner durchaus keine Empfindung von Bewegung haben.

Wir können also unsre Bewegung nur durch die Beobachtung äußerer Gegenstände erkennen; aber auch hier sind wir Täuschungen unterworfen. Im Wagen,

im Schiffe sehen wir die Bäume, die Ufer vor uns vorübergleiten; wenn unserm Fahrzeuge ein andres mit gleicher Geschwindigkeit entgegen kommt, so scheint uns dieses mit doppelter Geschwindigkeit vorüber zu eilen: wir nehmen nicht die wirkliche Bewegung wahr, sondern nur, wie die Lage und Entfernung in Rücksicht unser sich ändert. Man nennt dieses die relative Lage des Körpers, im Gegensatz der wirklichen, der absoluten.

Alle außerirdischen Körper sind in Bewegung; sollte diese aber ganz jenen Körpern eigenthümlich sein, und keine bloß durch die Bewegung der Erde hervorgebracht werden? Hier verläßt uns die Beobachtung fast ganz, und nur Gründe der Theorie, der Analogie und der Wahrscheinlichkeit können entscheiden; aber diese sprechen alle für die Bewegung der Erde. Höchst verwickelt ist die scheinbare Bewegung der Planeten; sie zeigt sich viel einfacher, wenn wir auch die Entfernung derselben zu jeder Zeit, also ihre relative Bewegung, kennen; haben wir aber erst mit der Bewegung der Erde die wirklichen Bahnen der Planeten kennen gelernt, so zeigt sich unserm erstaunten Geiste ein Ganzes, dem an Regelmäßigkeit nichts in der Natur gleich kommt.

Sobald man sich von der Falschheit der ältesten Annahme, daß alle Sterne gleich weit von uns entfernt seien, überzeugt hatte, suchte man die wahre Entfernung derselben kennen zu lernen. Schon durch genaue Beobachtung der scheinbaren Durchmesser, die für denselben Körper oft von sehr veränderlicher Größe sind, gewahrt man, daß manche derselben sich zu verschiedenen Zeiten in sehr verschiedenen Entfernungen von uns befinden können. Aber die für nicht sehr entfernte, jedoch unzugängliche Körper gewöhnliche Methode, daß man sie aus zwei Gesichtspunkten

beobachtet, reicht nur für sehr wenige Himmelskörper aus. Es ist klar, daß, wenn die Größe der Linie A B (Fig. 3.) bekannt ist, und man etwa durch ein Fernrohr, von A u. B aus, den entfernten Körper C beobachtet, die Winkel bei A u. B gefunden werden, so daß man das Dreieck zeichnen, und die Linien A C u. B C, oder die Entfernungen des Körpers C von A u. B, berechnen kann, ohne sich von A B zu entfernen. Der Winkel C nun, der von ihnen eingeschlossen wird, heißt die *Parallaxe*. Je größer diese und die *Standlinie* A B ist, desto genauer läßt sich A C und was davon abhängt bestimmen; je entfernter aber der Körper und je kleiner die Standlinie ist, desto kleiner wird die Parallaxe und desto ungenauer die Rechnung; aber die größte Standlinie, die man auf der Erde nehmen kann, gewährt wenig Genauigkeit. Nur für die nächsten Himmelskörper, als den Mond, die Venus ꝛc. ist sie anwendbar; schon für die Sonne reicht sie nicht mehr aus, deren Entfernung, so wie die von andern Himmelskörpern, nur aus denen des Mondes und der Venus, und nach theoretischen Gründen auf zum Theil sehr mühsame Weise berechnet werden konnte. So fand man, daß z. B. die Sonne etwa 21 Mill. Meilen entfernt ist.

Innig verbunden mit der Frage über die Entfernung der Himmelskörper ist die über die *Größe* derselben; eine sehr leichte Aufgabe, sobald jene beantwortet ist. Denn so bald die Linien A B und A C (Fig. 4.) bekannt sind, und der Winkel den beide einschließen — welcher dem scheinbaren Durchmesser gleich ist —, so kann die Größe von B C berechnet werden; sobald aber die Entfernung sich nicht bestimmen läßt, kann es die Größe nimmermehr. Bei den meisten Planeten und Trabanten sind die drei Fragen über Bewegung, Entfernung und Größe, wenigstens die bei-

den ersten, mit großer Genauigkeit beantwortet. Bei den Fixsternen aber, die Sonne ausgenommen, haben wir statt der Gewißheit bloße Vermuthungen, die indeß auch an ihrem Orte angeführt werden sollen.

Der Mensch hat dieses Chaos entwirrt, die Täuschungen der Sinne beseitigt, aus den scheinbaren und relativen Bewegungen und Größen der Himmelskörper die wahren erforscht, und schreitet, mit sich stets vervollkommnenden Instrumenten und Erfahrungen, immer weiter in ihrer Kenntniß fort. Mit Hilfe der edelsten Frucht der menschlichen Vernunft, der Mathematik, wagte er selbst in die Ursachen zu dringen, und die Nothwendigkeit der Bewegungen darzuthun; er wagte mit der Entfernung und Größe auch das Gewicht und die Schwerkraft vieler Himmelskörper zu bestimmen, ja selbst Vermuthungen über ihre Entstehung zu hegen. Auf diese mächtige Stütze haben wir verzichtet; jedoch bietet die Astronomie noch Schönes und Erhabenes genug dar, das wir in den folgenden Vorlesungen unsern Zuhörern vorlegen können.

Vierte Vorlesung.

Das Sonnensystem.

Der Anblick, den uns die äußeren Gegenstände gewähren, ist, wie wir gesehen haben, in hohem Grade von unsrer Lage und Bewegung abhängig: die einfachsten Bewegungen erscheinen uns oft verworren, die gleichförmigsten unregelmäßig; die entferntern Körper lassen sich nicht von den nähern, die größern nicht von den kleinern entscheiden. Alles hängt von dem Standpunkte ab, aus welchem wir sie beobachten. Um das Sonnensystem mit einem Blicke zu übersehen, müssen wir es von der Sonne aus betrachten. Zwar mußte der Erdbewohner alle Bewegungen der Sternenwelt, wie sie sich ihm darstellen, genau kennen, ehe er sich auf einen andren Himmelskörper versetzen konnte; aber wir wollen dem Astronomen auf seinem rauhen Pfade nicht folgen, und da uns die Sonne eine bessere Uebersicht gewährt, so wollen wir sie während dieser Vorlesung zu unserm Standpunkte wählen, und erst späterhin wieder zur Erde zurückkehren.

Man nennt jenen Gesichtspunkt den heliocentrischen, diesen den geocentrischen, und wir werden uns ähnlicher Ausdrücke bei andern Himmelskörpern bedienen.

Einige Millionen Meilen machen keinen merklichen Unterschied in dem Anblicke der sich in uner-

meßlichen Fernen von uns befindenden Fixsterne; diese bilden, von der Sonne aus gesehen, dasselbe in sich unbewegliche Gewölbe. Desto deutlicher treten aber die Unterschiede bei den Körpern unsers Systems hervor. Sie zerfallen in vier Klassen.

Die erste bildet die Sonne. Zwar nur ein Körper aus den Millionen des Systems, aber an Größe allen übrigen zusammengenommen weit überlegen, zwingt sie dieselben, um sie zu kreisen, und verleihet ihnen dafür Licht und Wärme; und wenn wir von der Erde auf die übrigen schließen dürfen, auch die Fähigkeit, von organischen Wesen bewohnt zu werden.

Die zweite Klasse bilden die Planeten. Es sind ihrer 11, die sich in fast kreisförmigen Bahnen beinahe in derselben Richtung um die Sonne bewegen. An sich dunkel, empfangen sie ihr Licht von der Sonne, und verbreiten es wieder im Weltraume, wodurch sie zum Theil andren Himmelskörpern sichtbar werden können. Zu ihnen gehört unsre Erde. Es sind, nach ihrer zunehmenden Entfernung von der Sonne geordnet, folgende: Merkur, Venus, Erde, Mars, Vesta, Juno, Ceres, Pallas, Jupiter, Saturn, Uranus. Fünf davon verdanken ihre Entdeckung dem letzten halben Jahrhundert. Uranus wurde von Herschel im J. 1781 in die Reihe der Planeten aufgenommen; und Vesta, Juno, Ceres, Pallas, die man wegen ihrer geringen Größe, ihrer fast gleichen Entfernung von der Sonne und der Unregelmäßigkeit ihrer Bahn kaum zu den Planeten zu rechnen gewagt, und Asteroiden genannt hat, sind in den ersten Jahren unseres Jahrhunderts von Piazzi, Olbers und Harding entdeckt. Auch die Erde, welche Unwissenheit, Dünkel und Aberglaube in den Mittelpunkt des Weltalls gesetzt, und erhalten hatten, nimmt erst seit zwei Jahr-

hunderten ihren bescheidenen Platz unter den Planeten ein.

Von der dritten Klasse sind uns bis jetzt 18 Sterne bekannt: es sind die kleinern, um die Planeten sich bewegenden Trabanten oder Satelliten. Während vieler Jahrhunderte war nur der Trabant der Erde: der Mond, bekannt; aber das erste Neue, welches das Fernrohr seinen Entdeckern in Italien und Holland zeigte, waren die vier Trabanten des Jupiter. Zu verschiedenen Zeiten sind die sieben Trabanten und die zwei Ringe des Saturn entdeckt, und man hat auch bereits sechs Trabanten des Uranus gesehen. Mit der Entdeckung von Planeten jenseit des Uranus, und selbst bei genauerer Beobachtung der älteren, wird die Anzahl der Trabanten sich wahrscheinlich vermehren.

Die vierte und zahlreichste Klasse machen die Kometen aus. Sie bewegen sich in sehr länglichen Bahnen in allen Richtungen um die Sonne; ihre Perioden umfassen oft Jahrhunderte, und wenn man aus dem, nach Kometen genauer durchsuchten Theile des Himmels, und aus der Zeit, in welcher sie beobachtet werden konnten, auf ihre Anzahl schließen darf; so giebt's ihrer mehr als eine Million. Selten nur ist ihre Lage zur Erde günstig genug, um am Himmel eine auffallende Erscheinung darzubieten; allein in diesem Falle waren sie auch lange ein Gegenstand abergläubischer Besorgniß.

Die Bahn der Planeten ist nicht sehr vom Kreise verschieden, und die ältesten Beobachter konnten, mit ihren unvollkommenen Instrumenten, die Abweichung nicht leicht wahrnehmen. Dazu kam die Spekulation der Philosophen, daß die Himmelskörper sich nur gleichförmig bewegen könnten, und im Kreise, als der vollkommensten Linie, deren Mittelpunkt man theils in die Erde, theils in die Sonne verlegte. Dieser, von einem Plato

geheiligte Irrthum hemmte lange die Fortschritte der Astronomie. Um die Unregelmäßigkeiten zu erklären, setzte man den Mittelpunkt des Kreises etwas von der Sonne oder der Erde entfernt, so daß die Planeten excentrische Kreise beschrieben; da auch dieses nicht ausreichte, ließ man sie sich in Epicykloiden bewegen, oder in Kreisen, die auf andren Kreisen rollten; selbst Kopernikus vermochte sich von den Kreisen nicht loszusagen, bis endlich Kepler, nach vieljährigem vergeblichen Bemühen, den Schatz von eigenen und fremden Erfahrungen, den er vor sich hatte, durch gleichförmige Kreisbewegungen zu erklären, im Jahre 1618, einem in der Geschichte Europa's auch sonst merkwürdigen Zeitpunkte, auf den glücklichen Gedanken kam, die Bahn der Planeten mit der Ellipse zu vergleichen, und die folgenden Erfahrungen, unter dem Namen der drei keplerschen Gesetze bekannt, sind die Früchte 30jährigen Fleißes.

1. Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, und die Sonne in einem Brennpunkte derselben.

2. Die Flächen, welche die Planeten bahnen, mit den von der Sonne dahin gezogenen Linien einschließen, sind den Zeiten proportional.

3. Die Quadrate der Umlaufszeiten verhalten sich, wie die Würfel der großen Achsen der Bahnen.

Die Ellipse (Fig. 5.) ist die dem Kreise am meisten sich nähernde krumme Linie. Ein in einiger Entfernung schräg gehaltener, oder in einer Richtung verlängerter Kreis, erscheint als Ellipse. Sie gehört mit der Parabel (Fig. 6.) und Hyperbel (Fig. 7.) zu der, unter dem Namen der Kegelschnitte bekannten Klasse von krummen Linien. Der Kegel, ein spitz zulaufender Körper, dessen Grundfläche eine Kreisfläche ist, und dessen übrige Begrenzung durch alle geraden Linien gebildet wird, welche von der Spitze

nach dem Kreise gezogen werden können, zeigt, sobald er abgestumpft wird, eine Ellipse, durch gerade Abstumpfung einen Kreis, der also nur die einfachste Art der Ellipsen ist. Durch andre Schnitte des Kegels entstehn die Parabel und Hyperbel, beides ihre Arme ins Unendliche erstreckende krumme Linien. Die merkwürdigste Eigenschaft der letzten ist, daß sie sich in's Unendliche zweien geraden Linien nähern, ohne sie je zu erreichen.

Von diesen drei Linien ist für uns die Ellipse am wichtigsten, weil sich in ihr alle Himmelskörper, einige Kometen vielleicht ausgenommen, bewegen. Die Linie AB (Fig. 5), von welcher sie der größten Länge nach durchschnitten wird, heißt die große Achse, die auf dieser im Mittelpunkte M senkrechte, die kleine Achse. Auf der großen Achse sind zwei, gleich weit vom Mittelpunkte entfernte Punkte F, f, vorzüglich ausgezeichnet, indem je zwei, von ihnen nach demselben Punkte des Umkreises gezogene Linien zusammen so groß sind, wie die große Achse (EF + Ef = AB). Sie werden Brennpunkte genannt. Man kann die Ellipse leicht zeichnen, indem man einen Faden schlaff in zwei Punkten befestigt, und einen Stift, der ihn spannt, herumführt. Die beiden festen Punkte sind die Brennpunkte.

In einem der Brennpunkte ist nun die Sonne. Die Linie zwischen ihr und dem in der Ellipse sich bewegenden Planeten, oder der Radius Vektor, ist von sehr verschiedener Größe. Ist die Sonne in F, so ist A der nächste Punkt der Ellipse, die Sonnennähe oder das Perihelium, und B der entfernteste, die Sonnenferne oder das Aphelium des Planeten. Der Durchschnitt von beiden oder die mittlere Entfernung ist also $\frac{FA + FB}{2}$ oder

AM, die halbe große Achse der Bahn, und der Unterschied zwischen der größten oder kleinsten und der mittleren Entfernung, FM oder fM, heißt die Excentricität der Ellipse. Man gibt in den Tabellen gewöhnlich ihr Verhältniß zur halben großen Achse an. Die beiden Punkte A und B nennt man die Apsiden, und die Linie, die sie verbindet, die Apsidenlinie.

In ähnlichen Beziehungen, wie hier, gebraucht man die Ausdrücke: Excentricität, Apsiden, Achse, bei der Bahn der Trabanten; nur statt Sonnennähe, Sonnenferne sagt man z. B. beim Monde: Erdnähe, Erdferne, Perigeum, Apogeum.

Wenn uns die Ebene, worin der Planet sich bewegt, die Größe und Lage der Apsidenlinie und die Excentricität bekannt ist, so kennen wir die Planetenbahn in allen ihren Theilen, nicht aber den Grad der Geschwindigkeit des Körpers in der Ellipse. Diesen finden wir durch das zweite keplersche Gesetz. Wenn AFB (Fig. 8.) der vom Radius Vektor in einer gewissen Zeit, z. B. einem Monat, zurückgelegte Raum ist, so wird er den Raum BFC, wenn er eben so groß wie AFB ist, in derselben Zeit zurücklegen; einen doppelt so großen Raum in einer doppelt so großen Zeit, und überhaupt wird die Zeit, welche der Planet bedarf, einen Bogen der Ellipse zurückzulegen, in genauem Verhältnisse stehen mit der Größe des Raumes, den der Bogen und die beiden nach seinen Endpunkten gezogenen Radius Vektor einschließen. Da die Eigenschaften der Ellipse bekannt sind, so kann man, wenn man die Umlaufszeit weiß, die Geschwindigkeit des Planeten in allen Punkten seiner Bahn berechnen.

Hierdurch hätten wir die Bewegung des Planeten in allen hier beachteten Rücksichten bestimmt;

aber welches Band umschlingt die verschiedenen Planeten, die sich um die Sonne bewegen? Dieses hat Kepler durch sein drittes Gesetz beantwortet. Er fand diese drei Gesetze zu einer Zeit, als man nur 6 Planeten kannte und selbst der planetarische Zustand der Erde durch den berühmten dänischen Astronomen Tycho de Brahe in Zweifel gezogen war; aber sie haben sich seitdem auffallend bestätigt: der Erde wurde ihr Rang auf immer angewiesen, und die fünf neuen Planeten zeigten ganz dieselben Erscheinungen, wie die älteren; ja sogar die Trabanten, die um die Erde und die drei oberen Planeten kreisen, folgen genau denselben Gesetzen. Der Planet nimmt den Brennpunkt der elliptischen Bahnen seiner Trabanten ein, die Geschwindigkeit derselben verhält sich wie die Räume der Ellipse, und für die von mehreren Trabanten umkreisten findet auch das dritte Keplersche Gesetz seine Anwendung, wobei die gemeinschaftliche Bewegung um die Sonne nur unbedeutende Veränderungen hervorzubringen vermag.

Nachdem die Erfahrung jene Gesetze nachgewiesen hatte, war es die Aufgabe der Mathematik, sie zu beweisen. Dieses gelang Newton auf die glänzendste Weise; und wenn Kepler sich in seinen Werken als ein Muster der ausdauerndsten Forschbegierde zeigt, so hat Newton in seinen Principien dem menschlichen Scharfsinne eins der schönsten Denkmale gesetzt, welche die Geschichte der Wissenschaften aufzuweisen hat. Von der ersten Auflage jenes Werks bis zur letzten der Mechanik des Himmels von La Place, in einem Zeitraume von noch nicht 140 Jahren, hat die Mathematik so große Fortschritte gemacht, und den Keplerschen Gesetzen eine Gewißheit und Ausdehnung gegeben, wie selbst der Erfinder sie nicht geahnet hat. Aus dem einfachen Grundsatze, daß die Körper sich einan-

der nach dem Verhältnisse ihrer Masse, und verkehrt wie die Quadrate ihrer Entfernung zu nähern suchen, oder einander anziehen, lassen sich fast alle, auch die zusammengesetztesten Erscheinungen bei den Bewegungen der Himmelskörper erklären. Die Sonne z. B. ist vom Monde 400 mal so weit entfernt als die Erde, sie wird ihn also 160,000 mal schwächer anziehn; aber sie hat 337,000 mal so viel Masse als diese, mithin wird der Mond von der Sonne noch immer etwa doppelt so stark angezogen, als von der Erde. Alle Himmelskörper wirken auf einander und haben auf die Bewegungen Einfluß, aber um so weniger, je entfernter und kleiner sie sind. Von der Sonne und einer, früher ihnen mitgetheilten, Bewegung allein abhängig, würden die Planeten vollkommene Ellipsen beschreiben, aber die benachbarten Trabanten und Planeten ändern sie auf mannigfache Weise ab; zum Glück für die Fortschritte der Astronomie ist aber die Anziehung der Sonne in dem Grade überwiegend, daß die Unregelmäßigkeiten nur bei sehr scharfen Instrumenten merklich sind, und Kepler seine Erfahrungssätze für genau halten konnte. Aus diesen wurden jene Principe abgeleitet, die wiederum, konsequent verfolgt, jene feineren Unterschiede kennen lehrten, welche die von der Mathematik nicht unterstützte Beobachtung nie in der Vollständigkeit würde aufgefunden haben.

Das ununterbrochene Kreisen der Himmelskörper, wovon die Alten durchaus keinen physischen Grund sahen, und das dennoch die größte Regelmäßigkeit beobachtete, war ihnen so räthselhaft, daß sie verständige Wesen für die bewegende Ursache, und die Gestirne für die Leiber von Geistern hielten. In diesen und ähnlichen Träumen bestand die Theorie von Pythagoras, Plato, den Stoikern bis auf Maimonides

und Kepler herab; nur hie und da dämmerte dem Anaxagoras, Aristoteles, Kopernikus und Kepler ein helleres Licht, wenn sie den nur durch Gewohnheit uns minder wunderbaren Fall der Körper betrachteten, wobei, wie bei den Himmelskörpern, ohne sichtbaren Stoß eine Annäherung Statt findet. Aber die allgemeine Verbreitung dieser Anziehung gezeigt und ihre Gesetze zuerst entwickelt zu haben, ist Newton's ausschließliches Verdienst.

Ueberrascht von der Ordnung und Einfachheit, die er in der Planetenwelt zu erblicken glaubte, ihre mathematischen und physischen Ursachen nicht kennend, und auch in mystischen Ideen befangen, hielt Kepler die Ordnung selbst für das Princip der Himmelserscheinungen, und suchte nun auch in der Entfernung der Himmelskörper von der Sonne Regelmäßigkeit auf. Zwar herrscht Gesetzmäßigkeit überall, und die ersten Ursachen sind in allen Erscheinungen der Natur und der Menschen sehr einfach, aber die Phänomene selbst sind es nicht; denn diese hängen von einer so großen Menge sich durchkreuzender Umstände — man nennt sie Zufälligkeiten — ab, daß es gewöhnlich sehr schwer ist, sie aufzufinden, und es ist eben die hohe Aufgabe der Mathematik und Physik, die Wirkungskreise der einzelnen Kräfte aufzusuchen, und dann zu bestimmen, welche Erscheinungen sich darbieten müssen, wenn mehrere vereinigt thätig sind. Kepler verglich die Entfernungen mit den sogenannten regulären Körpern, glaubte in beiden dieselben Verhältnisse nachweisen zu können, zeigte sogar daß, wie die Anzahl der regulären Körper, auch die der Planeten beschränkt sei, und ließ dadurch für den später entdeckten Uranus keinen regulären Körper mehr übrig. Er verglich sie auch mit der Musikskale, und Neuere haben dieses noch weiter verfolgt und auf alle Planeten, selbst

die 4 neuen, ausgedehnt; aber wenn noch 50 Planeten mit beliebigen Verhältnissen ihrer Entfernungen und Excentricitäten entdeckt würden, so ließen sich für alle aus der großen Anzahl der Töne weicher und harter Tonart entsprechende Zahlen auffinden, wenn man sich derselben Freiheiten bedienen und eben so große Unterschiede in den Zahlen unbeachtet lassen wollte. Nur ein Beispiel wollen wir anführen. Die Entfernungen der zu Keplers Zeiten bekannten Planeten sind ungefähr für Merkur 4, Venus 7, Erde 10, Mars 16, Jupiter 52, Saturn 93, für die 4 neuen Planeten etwa 28 und für Uranus 192; zieht man 4, die Entfernung Merkurs, davon ab, so bleiben für Venus und die übrigen Planeten nach der Reihe 3, 6, 12, 24, 48, 89, 188. Dieses stimmt fast mit einer geometrischen Reihe überein, indem jede Zahl das Doppelte der nächst vorhergehenden ist; indeß sind die angegebenen Zahlen durchaus nicht genau, und bis ein Newton jene oder irgend eine andere Ordnung als nothwendig in der Natur begründet nachweist, mag sie hier nur als eine Gedächtnißhülfe für die Entfernung der Planeten ihre Stelle verdienen. Scharfsinnig, aber unbegründet, sind die neueren Versuche, die Zahlenverhältnisse bei den Himmelskörpern mit den auch noch sehr problematischen magnetischen Perioden zu vergleichen. Die auffallendste Erscheinung bei der Entfernung der Planeten ist die fast gleiche der 4 neuen Planeten, so daß man diese als eine besondere Klasse aufstellen kann. Man könnte sie Mittelplaneten, und die der Sonne näheren die untern, die entfernteren aber die oberen Planeten nennen; jener sind 4, dieser 3. Diese Eintheilung vom heliocentrischen Standpunkte ist aber verschieden von einer ähnlichen, in der Folge anzuführenden, vom geocentrischen Standpunkte aus.

Bei den Mittelplaneten ist durch die Excentricität ihrer Bahnen Juno bald der nächste, bald der entfernteste derselben, eine Verschlingung, die sich sonst im ganzen Sonnensysteme nicht findet. (S. die Kupfertafel I.)

Noch unregelmäßiger ist die Größe der Planeten. Zwar ist Merkur der nächste und der kleinste der ältern Planeten, auch ist die Erde etwas größer als Venus, aber Mars ist kleiner als beide; von den drei oberen Planeten ist Uranus der kleinste, und Jupiter der größte von allen; die vier Mittelplaneten kommen, zusammen genommen, selbst dem Merkur an Größe nicht gleich. Diese Erscheinungen und andre, die wir späterhin kennen lernen werden, machen die Annahme, daß sie Trümmer eines größeren, durch uns unbekannte Ereignisse zersplitterten, Planeten seien, sehr wahrscheinlich.

Die Trabanten sind viel kleiner als die Planeten zu denen sie gehören, und die Mittelplaneten ausgenommen, kommt vielleicht keiner einem Planeten an Größe gleich.

Bei der großen Menge von Kometen ist auch die größte Mannigfaltigkeit zu vermuthen; indeß stehn diejenigen, welche der Erde so nah kommen, daß sie beobachtet werden können, den Planeten zwar nicht an Umfang, jedoch sehr an Masse nach.

Wegen ihrer so sehr excentrischen Bewegungen und ihrer geringen Masse spielen die Kometen zwar nur eine untergeordnete und fast ephemere Rolle am Himmel, indeß haben ihre Bahnen die Grenzen des Sonnensystems für uns viel weiter hinausgerückt, als die Planeten, und wenn wir uns dasselbe als eine Kugel vorstellen wollen, welche die äußersten Punkte der weitesten Kometenbahnen berührt, so können wir ihren Halbmesser nicht kleiner, als 400 Er-

denweiten, oder Entfernungen der Erde von der Sonne, annehmen, also 8000 Mill. Meilen (S. 53.); denn ein Komet, der von 1680, dessen Sonnenferne 138 Erdweiten beträgt, ist mit völliger Sicherheit beobachtet, und wir haben keinen Grund anzunehmen, daß er die weiteste Entfernung habe; dem von 1811 schreibt man sogar 450 Erdweiten zu Ob in jenem ungeheuren Raume noch Planeten wallen, ist unbekannt; vielleicht wiederholen sich in diesem Mikrokosmus des Weltsystems noch einige Erscheinungen, die wir unter den Fixsternen bemerken, z. B. daß zwei oder mehrere Körper von fast gleicher Größe sich um einen gemeinschaftlichen Punkt — den Schwerpunkt — bewegen; oder es finden sich vielleicht Planeten, die, wie die Sonne, von Kometen umkreist werden. Auf keinen Fall ist jener Raum unnütz verschwendet; denn wenn auch nicht Millionen Kometen ihn in allen Richtungen durchkreuzten, so würde die Selbstständigkeit des Sonnensystems einer weiten Entfernung von jeder andern Sonne bedürfen, wenn überhaupt eine solche Selbstständigkeit nothwendig oder nützlich ist.

Auf eine scharfsinnige Art hat man die Achsendrehung vieler Himmelskörper erkannt. Die Körper bewegen sich nicht um einen außerhalb befindlichen Punkt, sondern um eine durch ihren Mittelpunkt gehende Linie. Es ist die Bewegung einer Rolle oder einer Kugel, die man an zwei Punkten fest hält. Je näher ein Theil des Körpers dieser Linie ist, desto langsamer bewegt er sich, und am raschesten sind die von ihr am weitesten entfernten Theile der Oberfläche. Der Körper verändert dabei im Ganzen seine Lage nicht, und der äußere Beobachter wird die Achsendrehung nimmer wahrnehmen können, wenn ihm nicht die Verschiedenheiten der Oberfläche sich als helle oder

dunkle Flecken über die Scheibe zu bewegen scheinen. Fast bei allen Körpern, deren Größe so feine Beobachtungen erlaubt, sind Flecken und Achsendrehung bemerkt worden, und auch bei vielen andren, wo die einzelnen Flecken nicht unterschieden werden konnten, wie bei vielen Trabanten und Fixsternen, bringt die größere oder geringere Anzahl der Flecken einen Unterschied der Farbe und des Lichts an den verschiedenen Theilen der Oberfläche hervor. Die Zeit, die bis zur Wiederkehr der Flecken an denselben Ort der Scheibe verfließt, ist die Dauer der Achsendrehung, wobei man freilich die durch unsre und des Körpers fortschreitende Bewegung veränderte Lage wohl berücksichtigen muß.

Die größte Schwierigkeit besteht darin, die unbeweglichen von den beweglichen Flecken zu unterscheiden; denn auch diese, ähnlich den irdischen Wolken, zeigen sich als dunkle Stellen, deren Bewegung aber ganz andren Gesetzen, als denen der Achsendrehung gehorcht. Hier sucht man nun durch vergleichende Beobachtungen vieler Flecken, wovon vielleicht nicht einer sich ganz regelmäßig bewegt, die gemeinschaftliche Bewegung herauszufinden.

Mit dieser Untersuchung eng verknüpft ist die Topographie der Himmelskörper. Die Aufsuchung und Zeichnung der einzelnen Flecken, die Entwerfung von Karten ist keinesweges eine leichte Aufgabe, indem Veränderungen in der Atmosphäre der Erde und des Sterns, und viele in der Oberfläche des Gestirns waltenden Kräfte die Gestalt und Farbe häufig abändern. Man hat sich aber nicht darauf beschränkt, bloß die horizontalen Begrenzungen der Flecken zu beobachten, sondern man hat sogar aus der Lage und Stärke der Beleuchtung und der Länge der Schatten die Höhe der Berge und die Tiefe der Thäler berechnet, ja

Spuren von organischen Wesen aufgesucht und vielleicht gefunden, und Hypothesen darauf gegründet, über deren Kühnheit man erstaunen muß, wenn man ihre schwache Grundlage betrachtet. Es ist natürlich, daß so specielle Untersuchungen nur auf nahen Himmelskörpern mit Erfolg angestellt werden konnten. Auf dem nächsten derselben, dem Monde, ist man am glücklichsten gewesen, und wir kennen manchen Theil desselben genauer, als einige der Erde, aber auch bei der Sonne und den Planeten ist der Fleiß mit anziehenden Erfahrungen belohnt worden. Wir werden sie in der Folge in ihren verschiedenen Abtheilungen ausführlicher behandeln.

Durch die Kenntniß von den Bewegungen der Himmelskörper und den Abweichungen derselben von der elliptischen Bahn läßt sich der Grad ihrer wechselseitigen Einwirkungen bestimmen, und da diese, wie wir gesehn haben (S. 62.), von der Entfernung und der Masse der Körper abhängt und die Entfernung bekannt ist, so kann man auch die Massen berechnen. Auch in dieser Rücksicht steht die Sonne oben an, indem sie alle Planeten und Trabanten zusammengenommen 800 mal an Größe übertrifft. Die Kometen konnten hierbei nicht berücksichtigt werden, da ihre Anzahl und ihre Beschaffenheit noch ganz im Dunkeln liegen.

Das Verhältniß der Masse eines Körpers zu seinem Rauminhalt macht seine Dichtigkeit aus. Je größer die Masse oder das Gewicht eines Körpers in einem gewissen Raume ist, desto größer ist seine Dichtigkeit. Gold z. B. ist etwa 19 mal so dicht, wie Wasser, weil ein Kubikfuß Gold 19 mal so viel wiegt, wie ein Kubikfuß Wasser. Wo die Masse berechnet und die Größe beobachtet werden kann, ist auch die

Dichtigkeit bekannt. Selbst die Dichtigkeit des Erdkörpers ist nur auf diese Weise zu finden.

Alle diese Fragen zerfallen in zwei Hauptabtheilungen, solche, die sich auf die Lage des Körpers im Weltsystem oder seine Bewegung beziehen, und solche, wodurch er sich als Individuum von den übrigen Himmelskörpern unterscheidet, z. B. Größe, Achsendrehung. An diese reihet sich die Frage, in wiefern jene Gegenstände Aenderungen unterworfen sind. Diese scheinen vorzüglich bei der ersten Abtheilung statt zu finden; sie bestehn indeß größtentheils in nicht sehr ausgedehnten Schwankungen. In der zweiten Abtheilung ist uns bis jetzt keine Veränderung merklich, ob man aber dieses noch nach Jahrtausenden wird behaupten können, kann nicht leicht bestimmt werden.

Die Beobachtung der einzelnen Himmelskörper wird zu allem in dieser Vorlesung Angedeuteten vielfältige Belege liefern, und mit diesen wollen wir einen neuen Abschnitt beginnen.

Fünfte Vorlesung.

Die Bewegung der Himmelskugel, oder die Achsendrehung der Erde.

Nicht der wahre Ort, den die Himmelskörper im Weltraume einnehmen, wird von uns wahrgenommen, sondern, wie wir gesehn haben, nur die Rich-

tung, in welcher er sich befindet, oder die Lage und Neigung der geraden Linie zwischen ihm und unserm Auge zu den uns umgebenden Gegenständen; auch die Bewegungen und Entfernungen der Sterne zeigen sich uns nur durch die Veränderungen und Unterschiede in diesen Richtungen: alle unsere Beobachtungen in diesem Theile der Astronomie beschränken sich auf die Winkel, die jene Linien mit einander machen. Unter keinem Bilde lassen sich daher alle diese Erscheinungen besser darstellen,, als unter dem einer Kugel, die unser Auge, oder, der Gleichförmigkeit willen, den Mittelpunkt der Erde, von allen Seiten gleich weit umgibt. Man nennt sie die Himmelskugel oder Sphäre. Wie bei allen Kugeln sind die durch den Mittelpunkt gehenden Kreise einander gleich und größer als alle übrigen.

Von dieser Kugel sehen wir immer nur einen Theil, der desto größer wird, je höher unser Standpunkt ist, und je freier wir umherblicken können. Der Kreis, der den uns sichtbaren Theil begrenzt, heißt der scheinbare Horizont, zum Unterschied von dem ihm parallelen größten Kreise der Kugel, welchen man den wahren Horizont nennt; zwar sind beide Kreise wol 8 — 900 Meilen von einander entfernt, aber bei der ungeheuren Entfernung der Himmelskörper ist dieser Unterschied nur sehr selten von Bedeutung.

Horizontal nennt man jede Linie oder Fläche, die dem Horizonte parallel ist; z. B. die Oberfläche der Seen, Meere, und, mit sehr kleinen Abweichungen, auch die der Flüssigkeiten in Gefäßen. Die Vertikallinie eines Orts ist die auf dem Horizonte desselben senkrechte Linie: es ist die Richtung des Bleilothes und des freien Falles der Körper. Verlängert trifft sie die Himmelskugel in zwei Punkten, über

und unter uns; jener heißt der Zenith oder Scheitelpunkt, dieser der Nadir oder Fußpunkt, der also niemals sichtbar ist. Alle durch Zenith und Nadir gehenden Kreise heißen Vertikalkreise. Ein Höhenkreis ist jeder dem Horizonte parallele Kreis der Sphäre.

Diese Betrachtungen bieten uns ein leichtes Mittel dar, die Lage der Sterne an unserer sichtbaren Halbkugel zu bestimmen. Man denke sich nämlich den vierten Theil eines Vertikalkreises vom Zenith durch den zu untersuchenden Stern bis auf den Horizont, so ist der Bogen zwischen Stern und Horizont die Höhe des Sterns, und die Entfernung des Punktes, wo der Kreis den Horizont erreicht, von einem andren, der Lage nach bekannten Punkte desselben, das Azimut: durch Höhe und Azimut ist nun die Lage des Sterns vollständig gegeben, und seine scheinbaren Bewegungen können durch die Veränderungen dieser Lage genau bezeichnet werden. Die Höhe eines Sterns im Horizont ist 0°, und sein Azimut die Entfernung von jenem einmal angenommenen Punkte; ein Stern im Zenith hat dagegen eine Höhe von 90°, wobei das Azimut gleichgiltig ist, weil sich alle Vertikalkreise im Zenith durchkreuzen. Eine größere Höhe als 90° ist unmöglich. Man setzt diese Eintheilung auch unter dem Horizonte fort, wobei jedoch die Lage eines Sterns nicht durch Beobachtungen, sondern nur durch Berechnung bestimmt werden kann.

Aber die Lage zum Horizonte ändert sich mit jedem Augenblicke. In einem größeren und kleineren Bogen bewegen sich alle Sterne an unserm Himmel; einige erheben sich über den Horizont, andre senken sich an der entgegengesetzten Seite unter ihn, ja einige verlassen die sichtbare Halbkugel gar nicht, sondern beschreiben, in so fern das Sonnenlicht sie nicht

verdunkelt, einen Kreis, dessen Größe mit der Entfernung von einem uns unbeweglich scheinenden Punkte zunimmt. Dabei bleibt die gegenseitige Lage der Sterne unverändert, alle durchwandern ihre Kreise in derselben Zeit, etwa einem Tage, so daß die Himmelskugel sich mit dem ganzen Sonnensystem um zwei Punkte zu drehen scheint. Der über unserm Horizonte sich befindende unbewegliche Punkt heißt der Nord- oder Arktische Pol, der ihm entgegengesetzte, der Süd- oder Antarktische Pol. Sehr wenig von jenem entfernt ist ein großer Stern, den man in vielen Fällen, die keine sehr große Genauigkeit verlangen, statt des Poles selbst nehmen kann; man nennt ihn deshalb den Polarstern. Er befindet sich in Deutschland etwa 46° — 54° über unserm Horizonte. Die Linie, welche die beiden Pole mit einander verbindet, heißt die Himmelsachse.

Durch jenes Bild, daß die Himmelskugel mit allen ihren Körpern sich um die Himmelsachse drehe, lassen sich alle Erscheinungen jener großen Bewegung aller Sterne sehr passend vorstellen. Für den nach dem Nordpol hinblickenden wird sich der ganze Himmel langsam von der rechten nach der linken Seite bewegen; einige Sterne müssen sich zeigen und andre verschwinden, weil die Kugel stets auf eine andre Weise durch unsren Horizont geschnitten wird. Auch hat jeder Ort der Erde seinen eigenthümlichen Horizont, und die Lage eines Sterns bleibt immer nur für einen Moment und einen Ort wahr. Die Bestimmung der Lage zum Horizont ist daher sehr veränderlich, wir müssen an der Kugel selbst Punkte aufsuchen, die nicht so sehr von Ort und Zeit abhängig sind, und keine scheinen dazu in so hohem Grade geeignet, als die Pole selbst.

Der senkrecht auf der Achse, durch den Mittel-

punkt der Sphäre gehende Kreis heißt der Aequator; er theilt, wie alle größten Kreise, den Himmel in zwei gleiche Theile, die nördliche und die südliche Halbkugel, in deren Mittelpunkten die entsprechenden Pole sind. Die senkrecht auf der Achse stehenden kleineren Kreise nennt man Tages- oder Parallelkreise; sie sind die Bahnen aller Himmelskörper auf ihrer täglichen Bewegung. Ein durch die Pole gehender Kreis heißt Abweichungskreis, und wenn er auch durch den Zenith geht, Meridian oder Mittagskreis. Auf ähnliche Art wie S. 71, bestimmt man die Lage eines Sternes zum Aequator. Der Bogen eines Abweichungskreises zwischen dem Aequator und dem Sterne ist dessen Abweichung (Deklination), und der Bogen des Aequators zwischen dem Orte, wo der Abweichungskreis den Aequator trifft, und einem andern einmal bestimmten Punkte desselben, die gerade Aufsteigung (Rektascension); durch beide wird die Lage des Sterns zum Aequator auf ähnliche Weise, wie durch Höhe und Azimut zum Horizonte, bestimmt, und wie dort der Unterschied statt fand zwischen Sternen über und unter dem Horizont, so hier in der nördlichen und in der südlichen Halbkugel. Die verschiedenen Punkte desselben Parallelkreises haben gleiche Abweichung und unterscheiden sich nur durch die gerade Aufsteigung; das Umgekehrte findet für die Punkte eines Abweichungskreises statt. Die geringste Abweichung ist im Aequator, sie ist = 0; die größte in den Polen, wo eine nördliche oder südliche Abweichung von 90° ist; aber die gerade Aufsteigung ist gleichgiltig, da alle Abweichungskreise sich in den Polen schneiden.

Dieses verschafft uns ein bequemes Mittel, den ganzen Sternhimmel auf einer Kugel darzustellen

Man bezeichne zuerst die beiden Pole an zwei entgegengesetzten Punkten der Kugel; der sie verbindende Durchmesser ist alsdann die Achse. Ein Kreis, gleich weit von den Polen entfernt um die Kugel gezogen, ist der Aequator; man theile ihn in 360 gleiche Theile, und ziehe, je nach der Größe der Kugel von 10° zu 10° oder 5° zu 5° Abweichungskreise durch ihn. Zwischen den Polen und dem Aequator sind immer Viertelkreise oder Quadranten. Durch diese ziehe man ebenfalls jede 5° oder 10° Parallelkreise. In das dadurch entstandene Netz kann man nun die Sterne nach ihrer Abweichung und geraden Aufsteigung eintragen, nur muß man letztere von einem gemeinschaftlichen Anfange und nach derselben Richtung hin zählen. Diese künstliche Himmelskugel ist nach allen Richtungen in einem festen Ringe beweglich, der den Horizont des Orts vorstellen kann und mit der Kugel einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt hat. Stellt man nun den Pol in der künstlichen Sphäre eben so hoch über den Horizont, als es an diesem Orte die Beobachtung gibt, und dreht die Kugel in dieser Lage, so kann man sich zu jeder Zeit den Anblick des Himmels, die auf- und untergehenden, die am höchsten und am niedrigsten stehenden Sterne anschaulich machen. Dieses wird noch durch einen andren Reif, der senkrecht auf dem Horizonte durch die Pole geht, erleichtert.

Die Lage der Pole und des Meridians zum Horizont eines Ortes ist, wie wir gesehn haben, während der ganzen Dauer der täglichen Bewegung unveränderlich, und man benutzt sie deshalb, um den Horizont einzutheilen. Der Punkt desselben, wo ihn der vom Zenith durch den Nordpol gezogene Quadrant trifft, heißt der Norden, der ihm entgegengesetzte der Süden. Zwischen beiden, auf der Seite wo die

Sterne aufgehn, ist Osten, da, wo sie untergehn, Westen. Diese vier Punkte und die ihnen benachbarten Striche des Horizonts: Norden oder Mitternacht, Osten oder Morgen, Süden oder Mittag und Westen oder Abend heißen die vier Weltgegenden. (S. Fig. 6. wo N, O, S und W die vier mit denselben Buchstaben anfangenden Weltgegenden bedeuten). In der Mitte zwischen Nord und Ost ist Nordost, NO, und so für die übrigen Weltgegenden Nordwest, NW, Südost, SO, Südwest, SW, so daß der Horizont in 8 Theile getheilt ist. Zwischen beiden ist Nordnordost, NNO, Nordnordwest, NNW, Ostnordost, ONO, u. s. w., also 16 Theile. Durch die Punkte Nord gen Ost, N g. O, Nordost gen Nord, NO g. N, Nordost gen Ost, NO g. O. und Ost gen Nord, O g. N., oder N ¼ NO, NO ¼ N, NO ¼ O, O ¼ NO wird der Quadrant zwischen Nord und Ost, und auf ähnliche Weise der ganze Kreis in 32 Theile getheilt. Man nennt einen so eingetheilten Kreis, oder vielmehr eine Figur, wo diese 16, 32 oder 64 Halbmesser bezeichnet worden sind, eine Windrose, theils wegen ihrer Gestalt (Fig. 9.), theils weil die Schiffer sich derselben bedienen, um die Richtung der Fahrt und des Windes zu bezeichnen. Es wäre freilich weit wissenschaftlicher, wenn man sie durch die Größe des Bogens bezeichnete, um den sie von dem Süd- oder Nordpunkte entfernt ist, statt S O würde man 45 Grad östlich von Süd, statt S O g. O 56¼° sagen, und statt daß man bei der Windrose von 32 Theilen um mehrere Grade ungewiß bleibt, die Lage völlig genau angeben könnten; indeß da bis jetzt die alte Eintheilung Genauigkeit genug gewährt hat, so ist sie noch immer die herrschende geblieben. Nur bei Messungen, die eine genaue Bestimmung des Azimuts verlangen, be-

dient man sich der Eintheilung in Grade, Minuten und Sekunden, und zählt dabei die Azimute vom Südpunkte an.

Wie den Himmel, können wir uns auch die Erde als Kugel denken, und, wie wir sehn werden, mit größerem Rechte. Mag ihre Gestalt auch etwas davon abweichen, dieses schadet unsrem Zwecke nicht. So weit die Weltachse ein Durchmesser der Erde ist, nennt man sie Erdachse, die Punkte, in denen sie die Erde trifft, die Erdpole. Die Ebene des Himmelsäquators schneidet die Erdoberfläche in dem Erdäquator oder Gleicher, welcher die Erde in die Nord- und Süd-Halbkugel theilt. Meridiane oder Mittagskreise nennt man durch die Pole gehende Kreise, und die Parallelkreise sind, wie bei der Himmelskugel, dem Aequator parallel. Die ganze Erde kann man sich mit einem Netz von Parallelkreisen und Meridianen bedeckt denken, und jeder Ort wird durch seine Lage zu denselben bestimmt. Die Entfernung seines Parallelkreises von Aequator heißt die geographische Breite eines Orts: sie kann nördlich und südlich sein; am Aequator ist sie = 0 und an den Polen = 90°. Der Bogen des Aequators zwischen zwei Meridianen ist der Unterschied der geographischen Länge. Um die Länge zu bestimmen, zählt man von einem willkürlichen Anfangspunkt entweder 360° um den Aequator, oder 180° östlich und 180° westlich. In den Polen durchschneiden sich alle Meridiane.

Durch die Achsendrehung des Himmels gehen während des Tages nach und nach alle Abweichungskreise von Osten nach Westen über jedem Meridiane weg, die Lage der Parallelkreise aber bleibt unverändert. Der Zenith eines Orts am Erdäquator ist in dem Himmelsäquator, für die Erdpole in den Him-

melspolen; ein Ort z. B. im 50. Grade der Breite hat seinen Zenith in demselben Abweichungskreise der Himmelskugel.

Die Höhe des Himmelspols über dem Horizont eines Orts nennt man die Polhöhe: sie ist der geographischen Breite gleich; und den Bogen des Meridians zwischen unsrem Horizont und dem Aequator die Aequatorhöhe: sie ist der Entfernung des Orts vom Erdpole gleich.

Jeder Stern geht täglich zweimal durch den Meridian, oder er kulminirt. Es sind vorzüglich diese Kulminationen, in welchen er beobachtet wird; seine Entfernungen vom Pol sind alsdann gleich dem Unterschiede seiner Höhe und der des Pols; und da sein ganzer Parallelkreis von dieser Entfernung abhängt, so ist uns seine tägliche Bahn bekannt. Auch ist sein Steigen und Fallen, welches am östlichen oder westlichen Theile seiner Bahn am raschesten ist, in der Nähe der Kulmination unbedeutend, und er scheint sich eine Zeitlang dem Horizonte parallel zu bewegen, wodurch die so wichtige Beobachtung mit noch größerer Genauigkeit angestellt werden kann. Indeß können nur bei der geringsten Anzahl der Sterne beide Kulminationen beobachtet werden, weil der Stern bei seinem Durchgange zwischen dem Pol und dem Horizont gewöhnlich schon untergegangen ist; aber wo beide Beobachtungen möglich sind, dienen sie dazu, die Lage des Pols näher zu bestimmen, da er genau in der Mitte zwischen dem höchsten und niedrigsten Stande des Sternes ist.

Der kulminirende Punkt des Aequators heißt die Mitte des Himmels. Die Entfernung des Punktes, wo der Stern aufgeht, von dem Ostpunkte, nennt man die Morgenweite, und die Entfernung seines Untergangspunktes vom Westpunkte die

Abendweite des Sterns. Den Theil des Tageskreises eines Sternes, welcher über unsrem Horizonte ist, nennt man den Tagesbogen, den der darunter ist, den Nachtbogen des Sternes. Beide werden durch den Meridian halbirt, aber gewöhnlich sind sie sehr ungleich, ja oft fehlt einer ganz. Nur für die Bewohner des Aequators sind alle Tages- und Nachtbogen einander gleich, weil der Horizont, der durch die Pole geht, alle Tageskreise halbirt; welches auch die Lage des Sterns sei, er wird immer $^1/_2$ Tag über und $^1/_2$ Tag unter dem Horizonte sein. Entfernt man sich vom Aequator nach den Polen hin, so werden die Bogen immer verschiedener; nur der Aequator wird überall vom Horizonte gleich getheilt, die in ihm sich bewegenden Sterne gehn genau im Ostpunkte auf und im Westpunkte unter, und ihre Morgen- und Abendweite ist gleich 0. Die in derselben Halbkugel sich bewegenden Sterne aber, also für uns die nördlichen, haben einen größeren Tagbogen, die in der entgegengesetzten, also für uns die südlichen, einen größeren Nachtbogen, und der Unterschied ist um so bedeutender, je größer unsre Polhöhe und die Abweichung des Sterns ist.

Ein Stern, dessen Entfernung vom Pol genau der Polhöhe eines Orts gleich ist, wird in seinem niedrigsten Stande den Horizont berühren, ohne unter ihn zu sinken; seine Morgen- und Abendweite fallen mit dem Nord- oder Südpunkte zusammen, und betragen also 90°. Alle Sterne aber, deren Entfernung von einem Pol geringer ist, als die Höhe desselben über unsrem Horizonte, vollenden ihre ganze Kreisbahn an der uns sichtbaren Himmelshalbkugel. Beobachten wir z. B. unter 50° nördlicher Breite, wo der Pol 50° vom Horizonte entfernt ist, so werden alle Sterne, deren Entfernung geringer, oder de-

ren Abweichung zwischen 50° und 90° ist, nie untergehn. Ein gleich großer Theil des Himmels um den Südpol, der 50° unter unsrem Horizonte ist, wird uns unsichtbar bleiben, da die Sterne selbst bei ihrer oberen Kulmination den Horizont nicht erreichen, also niemals aufgehn. Endlich an den Polen ist der Horizont der Aequator selbst, die Bahn der Sterne ist dem Aequator parallel, keiner von den in derselben Halbkugel sich bewegenden Sternen geht unter, keiner der andren Halbkugel auf. Die letztere Ansicht von den Polen aus nennt man die parallele Himmelskugel, die vom Aequator aus die gerade, und die von allen übrigen Punkten der Erde die schiefe Himmelskugel.

Alles dieses gilt nicht nur für die Fixsterne, sondern, mit sehr geringen Einschränkungen, auch für die Sonne, die Planeten u. s. w., deren Bewegung gewöhnlich viel langsamer als die tägliche ist. So lange sie in der nördlichen Halbkugel sind, verhalten sie sich wie die nördlichen Sterne, in der Südhalbkugel, wie die südlichen; am Aequator ist ihr Tag- und Nachtbogen einander gleich, und in höheren Breiten gehn sie oft gar nicht auf oder unter. Nur bei ihren Uebergängen von einer Halbkugel in die andre, wo sie verhältnißmäßig rasch in der Abweichung fortrücken, weichen sie zuweilen merklich ab. Dieses ist von vorzüglicher Wichtigkeit für die Länge der Tage und Nächte, welche weiter nichts ist, als das Verhältniß der Tagesbogen der Sonne zu ihren Nachtbogen.

Die Umlaufszeit der Himmelskugel, oder die Zeit, welche zwischen zwei oberen oder unteren Kulminationen verfließt — und diese ist für alle Fixsterne dieselbe — nennt man den Sternentag. Die Geschwindigkeit der Umdrehung ist nicht nur für alle Tageszeiten dieselbe, indem stets in gleichen Zeiten gleiche Bogen

zurückgelegt werden, sondern sie hat selbst seit Jahrtausenden keine Veränderung erlitten, da nach Laplace's Berechnungen die Dauer des Sternentages sich seit mehr denn 2000 Jahren nicht um $^1/_{100}$ Sekunde geändert hat. Eine solche Periode ist daher vorzüglich zum Zeitmaß geeignet, und wenn sie auch, wie wir sehn werden, für das bürgerliche Leben nicht sehr bequem ist, so ist sie es doch in hohem Grade für die Astronomen. Sie ist auch sehr leicht zu finden; denn ist die Umlaufszeit eines Sterns bekannt, so ist's auch die der ganzen Himmelskugel.

Man theilt den Sternentag in 24 Stunden, jede Stunde in 60 Minuten zu 60 Sekunden, oder den Tag in 1440 Minuten, oder 86,400 Sekunden, und bedient sich dabei einiger Abkürzungen, so daß man z. B. statt 366 Tage, 6 Stunden, 9 Minuten, $11^7/_{10}$ Sekunden schreibt: 366 Tage, 6 St., 9′ 11″7. Es ist die Umdrehungszeit der Erde um die Sonne.

In 24 Stunden beschreibt jeder Stern einen Kreis oder 360° am Himmel; in jeder Stunde also 15°, in der Minute einen Bogen von 15 Minuten, und in der Sekunde einen Bogen von 15 Sekunden. Ist daher die Zeit seit der Kulmination eines Sterns bekannt, so darf man sie nur mit 15 multipliciren und statt der Stunden Grade setzen, um die Größe des Bogens zu kennen, um welchen der Stern fortgerückt ist; oder, wenn die Zeit bekannt ist, die zwischen der Kulmination zweier Fixsterne verflossen ist, den Unterschied in der geraden Aufsteigung zu finden. Betrug diese z. B. 3 Stunden, 16′ $56^2/_3$″, so deuten

die 3 Stunden auf	45° —
16 Min.	4 —
56 Sek.	— 14′
$^2/_3$ Sek.	— — 10″
	49° 14′ 10″.

Dieses war also der Unterschied in der geraden Aufsteigung. Ist diese bekannt, und man wünscht die Zeit zu wissen, so wird sie durch 15 dividirt. Diese mit dem Bogen des Tageskreises zusammenhängende Zeitnennt man den Stundenwinkel.

Die Umwandlungen von Zeit in Bogen, und umgekehrt, haben die ausgedehnteste Anwendung in der Astronomie. Die oben angeführten Beobachtungen der Höhe des kulminirenden Sterns und der Zeit, die zwischen der Kulmination der Sterne verfließt, machen uns mit der Lage des Sterns an der Himmelskugel bekannt, wenn er unbeweglich ist, und lehren uns seine Bewegung, wenn die Beobachtung längere Zeit fortgesetzt wird.

Wir haben nun die vornehmsten Erscheinungen, welche die Umdrehung der Himmelskugel hervorbringt, entwickelt; aber wir dürfen nicht vergessen, daß sie selbst nur ein Bild ist. Zwar hielten die ältesten Völker den Himmel für eine Krystallkugel, an welcher die Gestirne befestigt seien; aber schon die Erfahrung von der Bewegung der Sonne, des Mondes und der Planeten zwang sie, jedem derselben eine eigene Sphäre anzuweisen. Diese nur der Kindheit der Astronomie zu verzeihende Ansicht schwand bald; aber wie sollte man sich die Achsendrehung des Himmels erklären? Wie ungeheuer müßte die Kraft sein, welche die Sonne täglich durch 130 M. Meilen fortbewegt, wie viel größer noch die, welche einen viele tausendmal entfernteren Himmelskörper um uns treiben sollte: und nun ist's nicht die Sonne allein, nicht ein Fixstern, sondern der ganze Sternenhimmel mit seinen Millionen von Welten. Doch wenn wir uns auch mit der so ungeheuren Kraft befreunden wollten, welches Band umschlingt jene durch Billionen von Meilen getrennten Welten, daß sie sich in derselben Zeit um uns bewegen, der

wenige Tausend Meilen entfernte Mond, wenn man seine andren Bewegungen unberücksichtigt läßt, die 400 mal weiter entfernte Sonne, und die noch unendlich entfernteren, kaum durch's Fernrohr zu erkennenden Nebelflecke. Doch selbst wenn wir das Ungeheure und Unerklärliche annehmen wollen, wenn jedem Himmelskörper gleich bei seiner Erschaffung jene Geschwindigkeit beigelegt war: wie sollten wir uns den regelmäßigen Kreislauf der andren Himmelskörper erklären? Die Sonne, der Mond sind uns bald näher, bald entfernter, und Mars und Venus zuweilen über 6 mal so weit von uns entfernt, als in andren Zeiten; die Kometen durchkreuzen in allen Richtungen und in allen Entfernungen den Himmel, aber ihre tägliche Bewegung bleibt immer unverändert. Nicht in den Planeten, nicht in den Fixsternen kann also die Ursache der Umschwingung liegen, man muß sie vielmehr in einer Bewegung der Erde selbst aufsuchen. Und in der That beruht jene ganze unerklärliche Erscheinung nur auf Täuschung. Alles muß sich für uns eben so gestalten, wenn die Erde sich von Westen nach Osten um ihre Achse schwingt. Nicht die Sterne sind es alsdann, die nach und nach unsren Meridian durchschneiden, sondern dieser ist es, der im Laufe des Sternentages allmälig unter alle Abweichungskreise tritt; nicht die Sterne erheben sich über unsren Horizont, sondern dieser senkt sich unter jene, während die Fixsterne in Ruhe bleiben, und die Sonne, der Mond, die Planeten und die seltsamen Kometen ruhig auf ihrer Bahn fortschreiten, unbekümmert, in welchem Theil der kleinen Erde sie sichtbar sind, und in welchem nicht.

Fortgerissen mit einer Schnelligkeit, die alle uns umgebenden Gegenstände theilen, sind wir wie der Zuschauer am Bord eines segelnden Schiffes. Er

glaubt sich in Ruhe, während die Küsten, die Berge und die andren äußeren Gegenstände in Bewegung scheinen. Bald aber den Umfang der Küsten, der Ebenen, die Höhe der Berge mit seinem kleinen Fahrzeuge vergleichend, erkennt er, daß die scheinbare Bewegung jener äußeren Gegenstände ihm nur seine eigene verhülle. Die zahllosen Sterne, welche die Himmelsräume erfüllen, verhalten sich zur Erde, wie die Küsten und Berge zum Fahrzeuge, dieselben Gründe, die den Schiffer überzeugen, beweisen auch die Bewegung der Erde den Astronomen.

Auch durch Analogie wird diese Ansicht bestätigt. Die Sonne, die Planeten, deren scheinbare Größen für Beobachtungen der Art nicht zu klein sind, haben Achsendrehung, und immer von Westen nach Osten, wie die, welche wir aus der Bewegung der Himmelskugel für unsre Erde schließen müssen. Jupiter, ein viel größeres Gestirn als die Erde, bewegt sich in 10 Stunden um seine Achse, und ein Beobachter auf dessen Oberfläche würde den ganzen Himmel sich in dieser Zeit um ihn drehen sehn; und dennoch wäre es nur ein Irrthum der Sinne. Wir müssen also die tägliche Bewegung des Himmels für eine ähnliche Täuschung halten, wie, daß der Himmel als ein unermeßliches azurnes Gewölbe erscheint, an welchem die Sterne befestigt sind, und die Erde als eine Ebene, worauf jenes sich stützt.

Jetzt gestalten sich auch die Bewegungen der Himmelskörper viel einfacher. Die Sonne kreist um uns in einer den Aequator schräg durchschneidenden Bahn, und nähert sich bald mehr dem Nordpol, bald mehr dem Südpol; auf eine ähnliche Weise umkreist uns auch der Mond; aber unregelmäßig bleiben die Bahnen der Planeten. Zwei von ihnen beziehen sich auffallend auf die Sonne, sie überschreiten nie eine

bestimmte scheinbare Entfernung von ihr, und kehren, wenn sie diese erreicht haben, zur Sonne zurück. Ihre veränderliche Größe deutet auf verschiedene Entfernung, und wie Mond und Sonne um uns, scheinen sich Merkur und Venus um die Sonne zu bewegen. Zuweilen stehn sie zwischen uns und der Sonnenscheibe, so daß sie diese wie ein kleiner Kreis zu durchwandern scheinen. Bei den übrigen Planeten ist zwar die scheinbare Entfernung von der Sonne unbegrenzt, denn bald erscheinen sie dicht bei der Sonne, bald sind wir zwischen beiden; aber auch ihr Vor- und Rückwärtsschreiten und ihre sich ändernde Größe, führen auf eine Bahn, die, von der Sonne aus betrachtet, sich in einen einfachen Kreis auflösen würde. Es scheint also, daß, während die Erde sich um ihre Achse dreht, um uns sich der Mond und viel weiter entfernt die Sonne bewege, diese aber in ihrem Laufe die Planeten mit sich fortziehe (zwei in einer geringeren Entfernung und acht in einer größern, als die Erde). Ganz unregelmäßig bewegen sich die Kometen; aber auch sie scheinen sich auf die Sonne, zu beziehen, nur weicht ihre Bahn sehr vom Kreise ab. Die Planeten gehorchen also der Sonne und diese, obgleich eine Million mal größer, bewegt sich um die kleine Erde; allerdings eine Erfahrung, die, wenn sie gegründet wäre, die Erdbewohner mit gerechtem Stolze erfüllen könnte; aber wir werden bald sehn, daß die Erde nur ein Glied in der Reihe der Planeten ist.

Die Bewegung der Erde um eine völlig feste Achse erklärt indeß keinesweges alle Bewegungen der Fixsterne. Zwar scheinen fast unmerkliche Veränderungen in der gegenseitigen Lage derselben durch eine eigenthümliche Bewegung einzelner Sterne verursacht zu werden, aber andre scheinen wieder allen ge-

meinschaftlich zu sein. Wir werden eine kleine elliptische Bewegung aller Sterne am Himmel unter dem Namen Aberration, als eine Folge der Bewegung des Lichts, kennen lernen. Durch eine andre, wobei die gegenseitige Lage der Sterne nicht verändert wird, scheint sich nun die Lage der ganzen Himmelskugel gegen unsren Pol zu ändern, indeß wir ahnen schon, daß dieses nur durch die Bewegung der Erde hervorgebracht wird. Die Erdachse ist also nicht unveränderlich, sondern beschreibt einen kleinen Kreis am Himmel, jedoch so langsam, daß die Bewegung erst in einer Reihe von Jahren sehr merklich wird. Der Pol zeigt nicht immer auf denselben Punkt am Himmel, und die Abweichung und gerade Aufsteigung sind einer langsamen Aenderung unterworfen.

Sechste Vorlesung.

Die jährliche Bewegung der Sonne, oder die Kreisbewegung der Erde.

Innerhalb der unbeweglichen, nur durch die Achsendrehung der Erde sich scheinbar um uns schwingenden Himmelskugel, durchwandert die Sonne in einem Jahre ihre Bahn um die Erde. Wenn wir den Stand der Sonne zwischen den Sternen mit dem Fernrohre verfolgen, so sehen wir sie nach Verlauf eines Tages etwa um 1° nach Osten vorgerückt; sie entfernt sich

immer mehr von den Sternen, die sie umgaben, bis diejenigen nach Verlauf von sechs Monaten um Mitternacht an unserm Mittagskreise prangen, welche früher durch den Glanz der nahen Sonne verdunkelt wurden. Von jetzt an nähert sie sich ihnen immer mehr von der westlichen Seite, und nach neuen sechs Monaten hat die Sonne ihren Kreislauf vollendet, und befindet sich wieder in ihrer früheren Lage. Auch mit dem unbewaffneten Auge läßt sich ihre Bahn verfolgen. Die auf ihrem Wege befindlichen Sterne, die kurz nach ihr untergingen, verlieren sich bald in ihrem Lichte, bis sie nach einigen Tagen am östlichen Himmel, des Morgens vor Sonnenaufgang, wieder erscheinen, und indem die alten Astronomen auf diese Weise die verschiedenen Orte der Sonne zwischen den Sternen, und ihre Bewegung beobachteten, vermochten sie die Bahn der Sonne zu bestimmen; freilich konnten sie mit ihren unvollkommenen Instrumenten, und durch den Mangel eines besseren Zeitmaßes, als ihnen ihre Wasser- und Sanduhren gewährten, nicht mit den Neueren wetteifern, die mit ihren Fernröhren und Pendeluhren die Sonne zu jeder Zeit, und besonders in den Kulminationen, mit den Sternen vergleichen können.

Es bleibt auf den ersten Anblick zwar unentschieden, ob die Sonne sich um die Sterne, oder diese sich um jene bewegen; indeß fast dieselben Gründe, welche die Achsendrehung der Erde beweisen, entscheiden auch für die Bewegung der Sonne, und da hier keine Sinnentäuschung unser Urtheil besticht, so hat sie seit den ältesten Zeiten niemand bezweifelt.

Die Sonnenbahn oder die Ekliptik ist nicht genau im Aequator, oder einem andren Parallelkreise, sondern ein um den Mittelpunkt der Erde laufender, also größter Kreis der Himmelskugel, welcher den

Aequator unter einem Winkel von 23½° schneidet. In diesem Kreise bewegt sie sich fast mit gleicher Geschwindigkeit von Westen nach Osten, theils in der nördlichen, theils in der südlichen Halbkugel. Je mehr sie sich vom Aequator entfernt, oder je größer ihre Abweichung wird, desto höher steigt sie über unsren Horizont, und desto länger verweilt sie über ihm. Wenn wir bloß die Aenderung ihrer Abweichung betrachten, so ist sie am raschesten, wenn die Sonne aus dem Aequator tritt; die Geschwindigkeit nimmt aber ab, je mehr sie sich von ihm entfernt, ihr Steigen wird geringer, jemehr sie sich ihrer größten Abweichung nähert, und wenn sie diesen Punkt erreicht hat, scheint sie einige Zeit zu ruhen.. Von da wendet sie sich wieder nach Süden, anfangs langsam, dann schneller, bis sie den Aequator, 6 Monate nachdem sie ihn verlassen hat, wieder erreicht. Ihre jetzt sehr rasche Bewegung nimmt in der südlichen Halbkugel nach demselben Gesetze, wie in der nördlichen, ab, wird bei der größten südlichen Abweichung sehr langsam, und nach 6 Monaten ist die Sonne wieder im Aequator. Indessen ist sie auch auf ihrer Bewegung von Westen nach Osten fortgerückt, und hat ihre Bahn in der Ekliptik vollendet.

Folgende Tabelle enthält, nach Bessel, die Abweichung der Sonne zu verschiedenen Zeiten des Jahres.

Nördlich.	Abweichung.	Südlich.	Differenzen.
21. März u.	23. Sept. 0°	23. Sept. u.	21. März.
23. »	21. » 1	26. »	18. »
26. »	18. » 2	28. »	16. »
28. »	16. » 3	1. Oktob.	13. »
31. »	13. » 4	4. »	11. » = 10 Tage.
3. April	10. » 5	6. »	8. »
5. »	8. » 6	9. »	6. »
8. »	5. » 7	11. »	3. »
11. »	2. » 8	14. »	28. Febr. = 10 bis 11 T.
13. »	31. August 9	17. »	26. »
16. »	28. » 10	19. »	23. »
19. »	25. » 11	22. »	20. »
22. »	22. » 12	25. »	17. » = 11 Tage.
25. »	19. » 13	28. »	14. »
28. »	16. » 14	31. »	11. »
2. Mai	12. » 15	3. Novemb.	8. »
5. »	9. » 16	6. »	5. » = 12 bis 13 T.
8. »	6. » 17	10. »	2. »
12. »	2. » 18	13. »	29. Januar
16. »	29. Juli 19	18. »	25. »
21. »	24. » 20	22. »	21. » = 15 bis 16 T.
26. »	19. » 21	27. »	16. »
1. Juni	13. » 22	3. Dec.	10. »
21. »	21. Juni 23½	22. »	22. Dec. = 30 bis 33 T.

Am 21. März und 23. September ist die Sonne in den Nachtgleichen, am 21. Juni und 22. Decemb. in den Sonnenwenden: von jenen zu diesen nimmt die Abweichung, und also auch die Länge der Tage immer zu; aber die Differenzen sind sehr ungleichförmig. Während nämlich die Sonne, um 4° an Abweichung zuzunehmen, in der Nähe der Nachtgleichen nur 10 Tage bedarf, gebraucht sie in den folgenden 10 — 11, 11, 12 — 13, 15 — 16 Tage, und um die letzten $3\frac{1}{2}$° zurückzulegen über 30 Tage, also $3\frac{1}{2}$ mal so viel wie anfangs: die Zunahme an Höhe, obgleich sie bis zu den Sonnenwenden fortdauert, nimmt also immer an Stärke ab, die Veränderungen werden geringer, und die Höhe der Sonne ist alsdann am leichtesten zu beobachten, aus ähnlichen Gründen, wie die Höhe der Sterne bei der Kulmination.

Die Ekliptik wird durch die vier bemerkten Punkte in vier fast gleiche Theile getheilt. Die beiden Punkte, in denen sie die größte Abweichung hat, heißen Sonnenwenden oder Solstitien (Sonnenstillstände), und zwar der nördliche die Sommersonnenwende, der südliche, die Wintersonnenwende. Die beiden Punkte, in denen sie den Aequator schneidet, heißen die Nachtgleichen oder Aequinoktien, und zwar derjenige, durch welchen sie sich von der südlichen nach der nördlichen Halbkugel begibt, die Frühlingsnachtgleiche, der andre die Herbstnachtgleiche. Man nennt diese vier Punkte auch Sommer- und Winter-, Frühlings- und Herbstpunkt. Die Ursachen aller dieser Benennungen liegen theils in den Eigenschaften und Wirkungen der Sonnenbahn, theils darin, daß jene Punkte in der nördlichen Halbkugel, wo alle Beobachter lebten, den Anfang der Jahreszeiten bezeichnen.

Der größte Kreis der Sphäre, welcher durch die

Sonnenwenden und die beiden Weltpole geht, heißt der Kolur der Sonnenwenden, und der, welcher durch die Pole und die Nachtgleichen geht, der Kolur der Nachtgleichen.

Seit undenklichen Zeiten ist die Sonnenbahn, wegen ihres Verhältnisses zum Monde in 12 gleiche Theile getheilt worden, wovon ein jeder, weil der ganze Kreis 360 Grade umfaßt, 30° enthält. Folgendes sind ihre Namen mit den für sie üblichen Zeichen:

♈ Widder, ♉ Stier, ♊ Zwillinge,
♋ Krebs, ♌ Löwe, ♍ Jungfrau,
♎ Wage, ♏ Skorpion, ♐ Schütz,
♑ Steinbock, ♒ Wassermann, ♓ Fische.

Für die des Lateins kundigen Zuhörer sind folgende alten Verse eine leichte Gedächtnißhilfe für die 12 Zeichen der Ekliptik:

Sunt Aries, Taurus, Gemini, Cancer,
Leo, Virgo,
Libraque, Scorpio, Arcitenens, Caper,
Amphora, Pisces.

Die bemerkenswerthesten Zeichen sind der Widder und die Wage, als Zeichen der Frühlings- und Herbstnachtgleiche, weil die Sonne in diesen Punkten ihrer Bahn ist, wenn sie in jene Zeichen tritt. Aehnliches findet bei dem Krebs und dem Steinbock in Rücksicht der Sommer- und Wintersonnenwende statt. Man nennt daher die ersten 3 Zeichen die Frühlingszeichen, die andren die Sommer- Herbst- und Winterzeichen. Man nennt deshalb auch zwei, dem Aequator parallele Kreise, welche durch die äußersten Punkte der Sonnenbahn gehen, die Wendekreise des Krebses und des Steinbockes.

Dem Zusammenhange der 12 Zeichen mit den

Sternbildern gleiches Namens werden wir in der Folge aus einander setzen: hier genüge es zu bemerken, daß die Benennungen oft Symbole von Gegenständen der Witterung und des Ackerbaues sind.

Während die Sonne auf ihrer Bahn fortrückt, dreht sich die Erde um ihre Achse und bietet ihr, wie den übrigen Sternen, nach und nach fast alle Theile ihrer Oberfläche dar; aber der Tages- und der Nachtbogen der Sonne ist nicht, wie der der übrigen Sterne, bloß ein Gegenstand der Neu- oder Wißbegierde: ihre Gegenwart über unserm Horizont gibt uns den Tag, und ihre Abwesenheit die Nacht. Sobald die Sonne, nachdem sie durch die Morgenröthe ihr Kommen angekündigt hat, an der östlichen Seite des Himmels erscheint, bricht der Morgen für uns an; sie erhebt sich an dem südlichen Theile unsres Himmels, wandert mit den Sternen dem Westen zu, und erreicht des Mittages, im Mittagskreise, der daher seinen Namen hat, ihre größte Höhe und den Mittelpunkt ihres Tageskreises. Jetzt senkt sie sich immer mehr nach Westen hinab, bis sie des Abends an der westlichen Seite des Horizonts verschwindet. Uns unsichtbar, leuchtet sie andren Theilen der Erde, und wenn sie den Meridian zum zweiten male durchschneidet, steht sie um Mitternacht am tiefsten.

Durch die Verbindung der eigenthümlichen Bewegung der Sonne mit der täglichen entsteht die Veränderung der Länge der Tage und Nächte. Wenn die Sonne ihren Lauf, wie die Sterne, in einem dem Aequator parallelen Kreise vollendete, so würde während des ganzen Jahres kein Unterschied in der Dauer der Tage und Nächte statt finden, und wenn sie im Aequator bliebe, so würden auf der ganzen Erde, und durch das ganze Jahr Tag und Nacht stets einander gleich sein;

doch jetzt, da sie während eines halben Jahrs alle Parallelkreise zwischen $23\frac{1}{2}^{\circ}$ südlich und eben so weit nördlich durchschneidet, gehört sie bald zu den Sternen der nördlichen, bald zu denen der südlichen Halbkugel.

Für die Bewohner des Erdäquators ist zu jeder Zeit Tag und Nacht einander gleich; auf den Polen ist die Sonne nur so lange sichtbar als sie in derselben Halbkugel, und unsichtbar, wann sie in der entgegengesetzten ist: dort ist also 6 Monate Tag und 6 Monate Nacht. In den übrigen Theilen der Erde dagegen findet nur dann Gleichheit der Tage und Nächte statt, wenn die Sonne im Aequator ist, weshalb auch die Schneidepunkte der Sonnenbahn und des Aequators Nachtgleichen heißen; sobald sie aber in die nördliche Halbkugel tritt, wird der Tagesbogen größer, und um so mehr, je nördlicher der Ort des Beobachters, und je größer die Abweichung der Sonne ist, und an den nördlichsten Theilen der Erde verschwindet der Nachtbogen ganz und die Sonne vollendet ihre ganze tägliche Bahn über dem Horizonte. Dieser Theil wird größer, die Sonne steigt höher über den Horizont der nördlichen Halbkugel, bis sie ihre größte Entfernung vom Aequator in der Sommersonnenwende erreicht hat. Hier scheint sie von ihrem Laufe zu ruhen; sie vollendet während einiger Tage ihre tägliche Bahn im Wendekreise des Krebses, die Bewohner der nördlichen Halbkugel haben ihren längsten Tag, und in dem Parallelkreise, der von dem Nordpol $23\frac{1}{2}^{\circ}$ entfernt ist, berührt die Sonne um Mitternacht den Horizont, und geht in dem ganzen Theil der Erdoberfläche, der zwischen jenem Parallelkreise und dem Pole ist, nicht unter. Man nennt diesen Kreis den nördlichen Polarkreis; er ist eben so weit vom Pol entfernt, als die Wendekreise

vom Aequator. Die Sonne kehrt nun durch dieselben Stufen nach dem Aequator zurück; die Länge der Tage und die Höhe der Sonne nehmen in demselben Verhältnisse ab, als sie früher zugenommen hatten; der Theil der Erde, wo die Sonne nicht untergeht, wird kleiner; in der Herbstnachtgleiche vollendet sie ihren täglichen Kreis wieder im Aequator, und Tag und Nacht sind auf der ganzen Erde einander gleich. Nun schreitet sie nach Süden, und spendet dort die Wärme und das Licht, die sie im vergangenen halben Jahre der nördlichen Halbkugel gegeben; aber bei uns werden die Tage kürzer, jene Gegend der Erde, wo die Sonne nicht unterging, entbehrt ihrer jetzt ganz, und die südliche Polargegend erfreut sich beständigen Sonnenlichts. Die Sonne erreicht den Wendekreis des Steinbocks: was die nördliche Halbkugel ein halbes Jahr früher genoß, hat jetzt die südliche; sie feiert ihren längsten Tag. Zwischen dem Südpol und dem $23\frac{1}{2}^{\circ}$ davon entfernten Parallelkreise, dem südlichen Polarkreise, geht die Sonne nicht unter; aber in der nördlichen Halbkugel ist ein eben so großer Strich um den Pol in beständige Nacht gehüllt, und der übrige Theil hat seinen kürzesten Tag; dieser wird jedoch mit jedem Tage größer, indem sich die Sonne dem Aequator wieder nähert, und wenn sie ihn und das Zeichen des Widders erreicht, ist das Gleichgewicht auf der ganzen Erde hergestellt. Es ist merkwürdig, daß, so verschieden Tag und Nacht auf der ganzen Erde vertheilt sind, nach Verlauf des Jahres kein Theil der Erde vernachlässigt ist; überall war genau ein halbes Jahr Tag und ein halbes Jahr Nacht.

Die Zeit, welche ein Stern gebraucht, um von Osten nach Westen den Himmel scheinbar zu umkreisen, oder die Zeit zwischen zwei oberen Kulminationen, haben wir Sternentag genannt. Die Sonne

aber hat sich indessen etwa 1° nach Osten entfernt, ist also um diesen Bogen noch vom Meridiane entfernt, wenn die Sterne ihn schon erreicht haben; die Zeit zwischen zwei oberen Kulminationen der Sonne, oder der Sonnentag, ist also größer als der Sternentag. Der Unterschied zwischen beiden ist die Zeit, welche die Sonne gebraucht, um einen Bogen zurückzulegen, der der Größe ihrer täglichen Fortrückung nach der Richtung des Aequators auf der jährlichen Bahn gleichkommt. Dieser ist zwar von verschiedener Größe, und die Sonnentage haben deshalb eine veränderliche Länge, indeß beträgt sie, im Durchschnitt betrachtet, 24 Stunden, 3 Minuten, 56,55 Sekunden Sternenzeit, und ein Sternentag ist so viel als 23 Stunden, 56′ 4″1 Sonnenzeit, wenn man den Sonnentag auf ähnliche Weise in Stunden, Minuten und Sekunden theilt, wie den Sternentag. Die Zeit, welche die Sonne gebraucht, um nach Vollendung ihrer jährlichen Bahn wieder zu derselben Lage gegen die Sterne zurückzukehren, oder das Sternenjahr beträgt 365 Tage, 6 Stunden, 9′ 14″946 Sonnenzeit, oder 366 Tage, 6 Stunden, 9′ 11″7 Sternenzeit. Sternen- und Sonnenzeit können leicht aus einander berechnet werden.

Ein Stern, der im Anfange des Frühlings dicht bei der Sonne steht, wird im Anfange des Sommers um einen Viertelkreis nach Westen entfernt sein, und also den Morgen seinen oberen Durchgang durch den Meridian haben, im Anfange des Herbstes den Abend, und erst, wenn das Jahr verflossen ist, von neuem neben der Sonne stehn. Die Astronomen pflegen den Anfang des Tages von dem oberen Durchgange durch den Meridian an zu rechnen, also bei der Sonne vom Mittage; der Sternentag wird daher bald des Mittages, bald des Morgens, bald zu jeder andren Ta-

geszeit anfangen. Nun ist aber die Sonne unendlich wichtiger für uns, als die Sterne, und nach ihr richten sich alle Geschäfte: man hat daher statt des gleichförmigen, aber unbequemen Sternentages den mittleren Sonnentag als Zeitmaß angenommen, alle Berechnungen der Himmelskörper auf ihn bezogen, und die Sonne auf diese Weise zur Uhr des Universums gemacht.

Der bürgerliche Tag beginnt bei uns um Mitternacht, also im niedrigsten Stande der Sonne; eine sehr passende Einrichtung, weil alsdann auch in den Geschäften der Menschen eine Pause ist. Viele Völker, z. B. die Juden, Chinesen, Italiener, fangen ihren Tag des Abends an, Ptolemäus des Morgens. Die meisten europäischen Völker, und auch die Deutschen, zählen die 24 Stunden des Tages immer nur von 1 — 12, so daß um Mitternacht und um Mittag 12 Uhr ist; andre zählen von 1 — 24, wie die Italiener, und auch für die Astronomen ist dieß bequemer; und wieder andre, z. B. manche orientalische Völker, theilen den Tag in 12 Stunden und die Nacht ebenfalls; eine sehr unbequeme Eintheilung, weil wegen der Veränderung der Dauer der Tage und Nächte die Stunden ungleich werden.

Da der Mittag die Zeit des oberen Durchgangs durch den Meridian ist, so werden die verschiedenen Meridiane der Erde zu verschiedenen Zeiten Mittag haben. Ein 15° westlich liegender Ort hat ihn eine Stunde später, ein östlich liegender Ort früher, und der entgegengesetzte Ort der Erde hat Mitternacht, wenn wir Mittag haben. Wenn sich Jemand von uns nach Westen hin entfernt, so wird er, wenn er 15° vorgerückt ist, elf Uhr haben, wenn bei uns schon Mittag ist, also eine Stunde verloren haben; ist er 90° weit gewandert, so hat er sechs Uhr Morgens;

wenn er 180° weit gekommen ist, Mitternacht, wenn wir Mittag haben, also zwölf Stunden verloren, und endlich, wenn er diese Reise um die Erde vollendet hat, 24 Stunden oder einen ganzen Tag verloren, und glaubt, es sei z. B. der 4. Febr., wenn wir den 5ten haben. Der Reisende mißt nämlich seinen Tag nach den Durchgängen durch seinen Meridian. Dieser rückt aber immer nach Westen; die Sonne braucht mehr als einen Tag, um ihn einzuholen, und zwar immer so viel, als der Weg beträgt, den er zwischen zwei Mittagen zurückgelegt hat. Nach Vollendung der Reise beträgt der Unterschied einen ganzen Umlauf der Sonne um die Erde, oder einen Tag. Das Entgegengesetzte findet statt, wenn man nach Osten hin um die Erde wandert; man geht der Sonne entgegen, die Tage sind kürzer, und wenn die Reise zu Ende ist, so hat man einen ganzen Tag gewonnen, indem man in dem angegebenen Beispiele den 6ten Februar schreiben würde. Diese Abweichung, die den ersten Weltumseglern so merkwürdig erschien, beruht also auf sehr einfachen Ursachen. Uebrigens ist es völlig gleichgiltig, wie lange Zeit der Reisende zu seiner Wanderung gebraucht, der Unterschied beträgt immer einen Tag.

Wie nach dem Horizont und dem Aequator, so kann man auch die Lage der Sterne nach der Ekliptik bestimmen, und aus mehreren Gründen ist dieses in vielen Fällen angemessener. Es geschieht auf ähnliche Weise, wie dort. Die durch die Pole der Ekliptik gehenden größten Kreise nennt man Breitenkreise, einen Bogen desselben zwischen einem Stern und der Ekliptik die Breite des Sterns, und die Entfernung des Punkts, wo der Breitenkreis die Ekliptik trifft, bis zur Frühlingsnachtgleiche oder dem Widder, die Länge. Die Breite kann nördlich und südlich

sein, die Länge zählt man auf der Ekliptik von Westen nach Osten nach der Ordnung der Zeichen. Man bedient sich zur Bestimmung der Länge statt der Grade auch wol der Zeichen selbst; z. B. 6 Zeichen 20°, oder abgekürzt, 6Z. 20° oder 20° ♎ (S. 90.) sind gleichbedeutend mit 200° Länge. 0Z 0° ist der Anfangspunkt selbst, nämlich die Frühlingsnachtgleiche. Ein nach Länge und Breite bestimmter Stern ist seiner Lage nach völlig bekannt. Die Breite der Sonne ist stets $=0$, da sie immer in der Ekliptik bleibt.

Die meisten Himmelskörper bewegen sich auf der Himmelskugel von Westen nach Osten, also nach der Ordnung der Zeichen; man nennt diese Bewegung rechtgängig, direkt, z. B. die Sonne, der Mond; einige nach der entgegengesetzten Richtung, so zuweilen die Planeten, rückgängig, indirekt.

Die Punkte, worin die Bahn eines Himmelskörpers die Ebenen der Ekliptik schneidet, nennt man die Knoten, und zwar ist der aufsteigende Knoten (☊) da, wo der Stern sich nach Norden bewegt, und der absteigende (☋), wo er sich nach Süden begibt. Man bestimmt die Lage der Bahn eines Himmelskörpers durch die Neigung derselben zur Ekliptik und die Länge der Knoten.

Von zwei Sternen, die dieselbe Länge haben, sagt man, sie seien in Konjunktion (☌); man bedient sich dieses Ausdrucks gewöhnlich in Verbindung mit der Sonne, und da die vornehmsten sich bewegenden Himmelskörper keine von der Ekliptik sehr verschiedene Bahn haben, so werden sie oft, vom Glanze der Sonne überstralt, dem bloßen Auge und auch wol für das Fernrohr unsichtbar. Ist neben der Länge noch die Breite gleich, so wird das Gestirn uns entweder von der Sonne verdeckt, oder es verdunkelt sie selbst. Hieher gehören nebst andren die unter dem Namen

der Sonnenfinsternisse so berühmten Erscheinungen. Ein Stern, der sich an der entgegengesetzten Seite der Ekliptik befindet, dessen Länge also 180° von der der Sonne entfernt ist, und um Mitternacht kulminirt, ist in Opposition (☍) mit der Sonne. Ist seine Breite überdieß =0, oder befindet er sich in der Ekliptik, so ist die Erde gerade zwischen ihm und der Sonne, und er kann, wenn er kein leuchtender Körper ist, obgleich in der günstigsten Lage zu glänzen, verdunkelt werden. So verhält es sich bei den Finsternissen des vollen Mondes. Die Mitte des Bogens zwischen Konjunktion und Opposition, 90° oder 270° von der Sonne entfernt, nennt man Quadraturen, und zwar diejenige, in welche der Stern nach der Konjunktion kommt, die erste, und die auf die Opposition folgende die zweite oder letzte Quadratur.

Sterne, die, nicht weit vom Tageskreise der Sonne entfernt, etwas später als sie kulminiren, also auch später untergehn und des Abends erscheinen, nennt man Abendsterne; Sterne dagegen, die etwas früher aufgehn als sie, und des Morgens erscheinen, Morgensterne. Fixsterne sowohl wie Planeten, können bald Abend- bald Morgensterne sein, vorzüglich ist dieses aber bei denjenigen Himmelskörpern merklich, welche sich von der Sonne nur auf eine gewisse Weite entfernen, und nie in Opposition mit ihr, also fast immer entweder Abend- oder Morgensterne sind, bei der Venus und dem Merkur.

Wenn wir die Bewegung der Sonne genauer untersuchen, so finden wir, was auch Hipparch schon wußte, daß die Zwischenzeiten zwischen den Nachtgleichen und Sonnenwenden einander nicht gleich sind, daß die Sonne mehrere Tage länger in der südlichen, als in der nördlichen Halbkugel verweilt, daß überhaupt sowohl ihre Entfernung als ihre Geschwindig-

keit veränderlich ist, daß jene zunimmt, wenn diese abnimmt, und umgekehrt, kurz, daß die Bahn der Sonne eine Ellipse ist, die Erde in einem Brennpunkt derselben sich befindet, und Geschwindigkeit und Entfernung sich genau nach denselben Gesetzen richten, wie bei den Planetenbahnen um die Sonne. Diese Beobachtungen müssen uns gegen die Bewegung der Sonne Verdacht einflößen, besonders da wir schon bei der Achsendrehung die Unzuverlässigkeit des äußern Scheins kennen gelernt haben. Um die Erscheinung ganz unparteiisch beurtheilen zu können, wollen wir sie von einem andren Standpunkte aus beobachten, etwa dem Jupiter. Ein Bewohner desselben sieht den ganzen Himmel sich in etwa elf Stunden um ihn wälzen, wovon er indeß den wahren Grund bald einsehn wird; aber in der unverrückbaren Sternenwelt, die ihn umgibt, sieht er die Sonne in zwölf Jahren einmal und vier Monde in 2 — 17 Tagen sich um ihn schwingen. Um die Sonne bewegen sich die Planeten Merkur, Venus, die Erde, Mars und die vier Mittelplaneten in einer geringeren Entfernung von ihr als er, Saturn und Uranus und vielleicht noch andre uns unbekannte Planeten in einer größeren. Er würde mit stärkerem Rechte als wir auf einen Vorzug Anspruch machen können, da er alle übrigen Planeten zusammengenommen an Größe übertrifft, auch würden seine vier Begleiter, die an scheinbarer Größe die Sonne weit übertreffen, seinen Dünkel verzeihlicher machen. Der Sonnenbewohner sieht dagegen alle Planeten, die kleinsten, wie die größten, sich in Kreisen um ihn bewegen; nur er kann das, was er sieht, für Wirklichkeit halten, da die Sonne 800 mal so groß ist, wie alle Planeten zusammengenommen, und würde die Erde sich keines Vorzuges erfreuen können.

Staatliche Bibliothek Bamberg

Und in der That lassen sich alle Erscheinungen eben so gut erklären, wenn wir die Erde in Bewegung annehmen. Man denke sich eine gerade Linie, welche die Mittelpunkte der Sonne und der Erde verbindet, — man nennt sie Radius Vektor — so wird der Punkt, wo sie die Erdoberfläche trifft, sich im Mittelpunkte der erleuchteten Halbkugel befinden und im Zenith die Sonne haben; alle durch die veränderte Lage der Sonne hervorgebrachten Erscheinungen zeigen sich uns durch Veränderung der Lage und Größe dieser Linie, sie mögen von einer Bewegung der Erde oder der Sonne herrühren. Durch die tägliche Bewegung beschreibt jener Punkt fast einen Parallelkreis um die Erde; wir wollen jedoch von der Achsendrehung absehn, und bloß die jährliche Bewegung betrachten. Denkt man sich den Radius Vektor der Erde nach beiden Seiten verlängert und die Sonne im Zeichen des Widders, so werden wir, von der Sonne aus gesehn, in der Wage zu sein scheinen; tritt die Sonne in den Stier, so werden wir in dem Skorpion gesehn werden; die Lage des Radius Vektor bleibt völlig dieselbe, ob die Sonne von dem Widder durch den Stier, die Zwillinge und so fort, oder die Erde von der Wage durch den Skorpion, den Schütz u. s. w. die Ekliptik durchwandere. In beiden Fällen ist die Richtung der Bewegung dieselbe; nur sind wir immer an dem Orte des Himmels, der demjenigen, worin die Sonne uns erscheint, entgegengesetzt ist. Denkt man sich ferner durch die Sonne, die wir jetzt als Mittelpunkt der Himmelskugel ansehen wollen, einen dem Erdäquator parallelen Kreis, so wird dieser die Erdbahn in zwei Punkten schneiden; sobald die Erde in einem dieser Punkte ist, so ist der Radius Vektor im Aequator, nämlich in den Nachtgleichen, je mehr sich aber die

Erde davon entfernt und in dem nördlichen Theile der Ekliptik vorrückt, desto südlicher wird der Punkt der Erde, den der Radius Vektor trifft, und in dem nördlichsten Stande der Erde, in der Wintersonnenwende, erscheint der Radius Vektor und die Sonne am südlichsten; eine dieser entgegengesetzte Lage findet in der Sommersonnenwende statt, wo die Erde am südlichsten ist und ihre nördliche Halbkugel der Sonne zuwendet. Volle Bestätigung findet aber die Ansicht von der Bewegung der Erde in der Uebereinstimmung mit den bei den Planeten gefundenen Gesetzen. Wendet man die Keplerschen Gesetze auf die Erde an, so könnte man fast ohne Beobachtungen die vorzüglichsten Erscheinungen der Sonne voraus bestimmen. Auch werden wir in der scheinbaren Bewegung der Sterne, in der Aberration, einen direkten Beweis der Erdbewegung kennen lernen.

Der einzige Einwurf, den man dieser Ansicht machen konnte, war, daß trotz der Grundlinie von 41 Mill. Meilen, kein Fixstern eine Veränderung in seiner Lage oder eine Parallaxe zeigt (S. 53.). Indeß läßt er sich leicht durch die ungeheure Entfernung der Fixsterne beseitigen; bei einer Entfernung von 4 Bill. Meilen ist sogar die Parallaxe der Erdbahn unmerklich, und die Entfernung selbst des nächsten Fixsterns ist gewiß nicht geringer, da unser System sich wahrscheinlich über 10,000 Mill. Meilen weit von der Sonne aus erstreckt und, um selbstständig bleiben zu können, eine große Entfernung der Fixsterne verlangt. Tycho's Einwurf, von der Verschwendung des Raums zwischen den Fixsternen hergenommen, ist ohne Bedeutung. (S. 66.)

Lange dauerte es, ehe der Mensch sich diesen Gedanken befreunden und von der erhabenen Rolle, die er im Mittelpunkte des Weltalls einnahm, her-

absteigen mochte, um zwischen den Planeten eines der Millionen Sonnensysteme seinen bescheidenen Platz einzunehmen; aber wenn auch der Dünkel der Menschen dadurch litt, daß er den thörichten Wahn aufgeben mußte, als wären alle Wesen seinetwillen erschaffen, so hat sich dafür sein Gesichtskreis vergrößert, seine Begriffe erweitert, er verläßt sich weniger auf die Eindrücke der Sinne und die dunklen Gefühle, er lernt den menschlichen Verstand, der sich vorzüglich in der Astronomie auf's glänzendste offenbart, als das köstlichste Geschenk des Ewigen kennen, und wenn er nun, von Bewunderung und Dankbarkeit hingerissen, den Geber alles Guten verehrt, so zeigt er sich der Menschheit werther, als jene Mystiker, die, sich alles Vertrauens zu sich selbst, aller Kraft entäußernd, sich zu gedanken- und willenlosen Geschöpfen herabwürdigen.

Siebente Vorlesung.

Die Erde.

Zwischen den übrigen Planeten, weder zu den größten, noch zu den kleinsten, weder zu den fernsten, noch nächsten gehörend, bewegt sich die Erde um die Sonne. Durch die Entdeckungen Kopernik's aus dem Mittelpunkte des Weltalls verstoßen, wiederholt sich der Mensch gern, daß seine Erde gleich weit von den

Extremen der Größe und Entfernung abstehe, daß die Neigung ihrer Bahn die schöne Abwechselung der Jahrszeiten erzeuge, die selbst Jupiter entbehren müsse, und sie deshalb vorzüglich zum Wohnsitz harmonisch gebildeter, des höchsten Grades geistiger Vollkommenheit fähiger Wesen sei. Auch ist sie der einzige von den der Sonne näheren Planeten, der einen Trabanten hat, eine Wohlthat, die sowohl die beiden unteren Planeten, als auch die fünf nächsten entbehren. Indeß lassen wir diese müssigen Betrachtungen und wenden uns zu dem ersten, was uns von einem Körper bekannt zu werden pflegt, zur Gestalt der Erde.

Schon Pythagoras ahnete ihre Kugelform: keine andre Form schließe, bei gleichem Umfange, einen eben so großen Raum ein; keine bilde ein so in allen Theilen harmonisches Ganze, wie die Kugel. Auch Aristoteles hielt sie dafür. Das Wasser, meint er, nehme überall die niedrigsten Stellen ein, auf keine andre Weise könnten die Oceane dieser Bedingung genügen, als wenn sie einen Punkt von allen Seiten in gleicher Entfernung umschließen. Indeß weder die metaphysischen Gründe des Pythagoras, noch die physischen des Aristoteles vermochten die späteren Griechen und Römer von der Wahrheit ihrer Behauptungen zu überzeugen, bis endlich die Entdeckungen der Kopernikaner und der Seefahrer jeden Zweifel hoben; denn die seit Magellan über hundert mal nach allen Richtungen umschiffte Erde bot nirgend eine Ecke dar, und überall glaubte sich der Seefahrer auf dem Mittelpunkte eines ausgedehnten Kreises. Indeß hatten viele Erscheinungen, auch vor den Erdumsegelungen, die Verständigen von der kugelähnlichen Gestalt der Erde überzeugt. Von einem sich dem Ufer nähernden Schiffe erblickt man nicht

zuerst den Körper, der durch seine Größe am weitesten sichtbar sein sollte; die Spitze der Masten ist es, die man zuerst wahrnimmt; je mehr das Schiff sich nähert, ein desto größerer Theil desselben kommt hervor, bis endlich auch der untere Theil sichtbar wird. Dasselbe findet bei allen andren Gegenständen statt; von der Spitze an erheben sie sich bei ihrer Annäherung immer mehr über unsren Gesichtskreis, und senken sich, wenn sie sich entfernen, unter ihn. Wenn wir uns auf dem Meridiane fortbewegen, so erheben sich die Sterne vor uns immer mehr über unsren Horizont, und zwar steigen sie in gleichen Räumen um einen fast gleichen Bogen empor; auf eine ähnliche Weise gehen uns die Gestirne früher auf und unter, wenn wir nach Osten, und später, wenn wir nach Westen fortrücken; unser Zenith scheint überall am Himmel einen Kreisbogen zu beschreiben, dessen Größe in geradem Verhältnisse mit dem auf der Erde zurückgelassenen Raume ist. Alles dieses findet nur bei einem kugelähnlichen Körper statt. Auch der Schatten der Erde, den die Sonne in den Mondfinsternissen auf unsren Trabanten wirft, ist stets von einem Kreisbogen begrenzt, in welcher Lage auch die Erde sei, und nur eine Kugel vermag dieses zu bewirken. Ueberdieß sind alle uns bekannten freischwebenden Körper, von dem Wassertropfen bis zu den Planeten und der Sonne, Kugeln; sollte unsre Erde davon allein eine Ausnahme machen?

Nach der Entscheidung dieser Frage war die Bestimmung der Größe eine leichte, aber nicht minder wichtige Aufgabe, indem von der Kenntniß der Größe der Erde auch die aller andren Himmelskörper abhängt. Die erste Schätzung derselben verdanken wir dem Eratosthenes, einem vor 2000 Jahren in Aegypten lebenden Astronomen. Er fand, daß zu

Siene in Oberägypten die Sonne einst im Mittage der Sommersonnenwende in einen tiefen Brunnen keinen Schatten warf, also im Zenith des Ortes stand. In Alexandrien zeigte zu derselben Zeit der Schatten, daß die Sonne $^1/_{50}$ des Kreises vom Zenith entfernt sei; beide Oerter lagen beinahe in demselben Meridian und 5000 Stadien von einander entfernt; also mußte der Umkreis der ganzen Erde 250000 Stadien betragen. Diese Messung, oder vielmehr Schätzung, war sehr nützlich, indem sie den Alten einen Begriff von der Größe der Erde gab; für uns ist sie von keinem Werthe. Siene liegt fast 1° über dem Wendekreise des Krebses, Alexandrien aber 3° — 4° westlich, die Entfernung beruht auf bloßer Schätzung und wir kennen die Größe des Stadiums nicht genau. Weit genauer war eine Messung des Kalifen Almamum i. J. 827; sie ist aber für uns, wegen unserer Unbekanntschaft mit dem Maße, ebenfalls ohne Nutzen.

Ganz anders verhält es sich mit den, seit 150 Jahren zuerst in Frankreich, dann aber in vielen Ländern Europa's und andrer Welttheile angestellten Gradmessungen. Dieses sind nämlich Messungen des Bogens zwischen den Zenithen zweier auf demselben Meridiane liegenden Oerter der Erde, deren Entfernung von einander genau gemessen wird. Gesetzt, man habe die Polhöhe eines Orts zu 49° 14′ beobachtet, die eines andren zu 54° 44′, und die Entfernung beider Oerter $82^1/_2$ Meilen gefunden, so würden $5^1/_2$° am Himmel $82^1/_2$ Meilen auf der Erde entsprechen und das Verhältniß $5^1/_2$°: 1° = $82^1/_2$ M.: 15 M., die Größe eines Grades zu 15 Meilen festsetzen; den Umfang der ganzen Erde also zu 360 - 15 = 5400 Meilen. Je größer die gemessene Linie ist, desto genauer wird das Resultat. Aber die Unmöglichkeit eine große Linie zu messen, die Uneben-

heiten des Bodens, die Schwierigkeit genau in dem Meridian fortzugehn, und die Rechnungen, wodurch man den Einfluß dieser Hindernisse beseitigt, erschweren die Arbeit ungemein, und nur durch den ganzen Aufwand der feinsten mechanischen und mathematischen Kenntnisse konnte man in den neuesten Zeiten solche Gradmessungen mit einer dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaften angemessenen Genauigkeit anstellen.

Ein andrer Beweggrund zu häufiger Anstellung von Gradmessungen war die Vermuthung, daß die Gestalt der Erde zwar im Ganzen der Kugel sehr nahe komme, aber in der Richtung der Achse etwas verkürzt sei; denn eine sich um eine Achse drehende biegsame Kugel muß an den Polen eingedrückt werden. Schon Huygens versuchte die Gestalt der Erde genau zu berechnen, aber Newton bewies die Nothwendigkeit jener Abplattung und bestimmte sie aus theoretischen Gründen auf $^1/_{229}$, wenn die Erde durchaus gleichförmig ist, welches indeß nicht der Fall zu sein scheint. Die Erde wäre also ein Sphäroid, ein kugelähnlicher Körper, welcher durch die Umdrehung einer Ellipse um die kleine Achse gebildet wird; wobei also die Meridiane Ellipsen und die Parallelkreise Kreise sind. Direkte Messungen von Graden eines Meridians sollten dieses bestätigen; ein Grad nämlich in höheren Breiten müßte, nach Newtons Annahme, größer sein, als einer in der Nähe des Aequators. Aber aus fehlerhaften Versuchen schien das Gegentheil zu folgen, und der Streit wurde erst zum Vortheil der Newtonschen Theorie entschieden, als die französische Akademie durch Bouguer und Condamine in Quito und durch Maupertuis in Lappland Gradmessungen anstellen ließ. Aber die Erscheinungen der Natur, obgleich in den ersten Grün-

den im höchsten Grade einfach, sind das Resultat so vieler Umstände, daß sie sich in der Erfahrung selten vollkommen regelmäßig gestalten. Die Gradmessungen gaben nämlich für das Sphäroid widersprechende Werthe; ja, nach Beobachtungen in Lappland und Südafrika schien die südliche Halbkugel der Erde eine von der nördlichen sehr abweichende, viel stärkere Abplattung zu haben. Jedoch hat man in diesen Messungen Fehler entdeckt und Unternehmungen, die mit der höheren Genauigkeit angestellt sind, die man bei den großen Fortschritten in der mathematischen Analyse, und der Verfertigung von astronomischen Instrumenten erwarten kann, gaben Resultate, die zwar nicht völlig mit der Annahme eines Sphäroids übereinstimmen, aber auch nur wenig davon abweichen. Aehnliches ergiebt sich aus den Pendelbeobachtungen. Das Pendel, das wir in der 17ten Vorlesung genauer beschreiben werden, im Wesentlichen eine frei schwebende Stange, macht auf verschiedenen Theilen der Erde Schwingungen von ungleicher Dauer. Aus der Anzahl derselben läßt sich die Stärke der Kraft, welche das Pendel in Bewegung setzt, ableiten, und diese ist mit der Achsendrehung und der Abplattung der Erde innig verbunden, und eine läßt sich aus der andern ableiten. Man hat dasselbe in den neuesten Zeiten an vielen Punkten, im Süden und im Norden der Erde, und am Aequator selbst beobachtet, und die Resultate vereinigen sich mit denen der weit mühsameren Gradmessungen, und einigen, von der Abplattung der Erde abhängigen kleinen Schwankungen der Erde und des Mondes dahin, daß die Erde, von Lokalerscheinungen abgesehen, ein Körper ist, dessen Gestalt sehr wenig von einem Sphäroid abweicht, in welchem sich der Durchmesser des Aequators zu dem der Pole wie 305 : 304 verhält. Künftige Messungen werden das Einzelne der Erdgestaltung genauer bestimmen, und es ist zu hoffen, daß in kurzer Zeit der

größte Theil der kultivirten Erde in dieser Rücksicht genau untersucht sein wird; in Deutschland, Frankreich, England und andren Ländern ist es schon zum großen Theil geschehen.

Nimmt man den Grad des Meridians von 45° Breite als eine mittlere Größe an; so enthielte die geographische Meile oder $^1/_{15}$ eines Grades 22840 pariser, oder 23640 rheinländische Fuß.

In Frankreich hat man ein Milliontel des Erdquadranten als Maßstab unter dem Namen Meter angenommen, berechnet die größern Entfernungen nach Myriametern oder 10,000 Metern, und die Flächen und Räume nach den Quadraten und Würfeln des Meters, denen man besondere Namen beigelegt hat. 1 Meter = 3,078 par. Fuß.

Der Umfang der Erde beträgt 360 Grad, also 5400 Meilen; der Durchmesser 1719 und der Halbmesser 859,5; die Oberfläche 9261900 Quadratmeilen, und der Inhalt 2650 Millionen Kubikmeilen.

Von allen Parallelkreisen ist der Aequator der größte; die übrigen sind desto kleiner, je mehr sie vom Aequator entfernt sind. Alle Kreise werden aber in 360 Grade getheilt; die Größe der Grade nimmt daher in demselben Verhältnisse ab, als die der Parallelkreise. Da die Kenntniß derselben von sehr ausgedehntem Nutzen ist, so enthält folgende Tabelle die Größe eines Grades der Parallelkreise von 5 zu 5° in deutschen oder geographischen Meilen, wovon 15 auf einen Grad des Aequators gehn.

0°	15,000	25°	13,605	50°	9,642	75°	3,082
5°	14,944	30°	12,990	55°	8,604	80°	2,605
10°	14,771	35°	12,287	60°	7,500	85°	1,307
15°	14,488	40°	11,491	65°	6,339	89°	0,262
20°	14,095	45°	10,607	70°	5,130	90°	0,000

Da die Abweichung der Gestalt der Erde von der Kugel unbedeutend ist, so ist sie bei der Berechnung der Tabelle nicht berücksichtigt worden. Die

Zahlen gelten sowohl für die nördliche, als südliche Halbkugel. In den ersten 20° ist der Unterschied sehr klein, und daher auch die davon abhängigen Erscheinungen, z. B. die Ungleichheit der Tags- und Nachtbogen der Sonne unbedeutend. Der Unterschied nimmt aber in höheren Breiten rasch zu, so daß eine geringe Abweichung schon bedeutende Veränderungen verursachen kann.

Wenn in der Astronomie von der Lage und Bewegung eines Himmelskörpers die Rede ist, ohne nähere Bestimmung, welchen Theil desselben man meint, so ist's immer der Mittelpunkt desselben. Es ist natürlich, daß man alles auch auf den Mittelpunkt der Erde zu beziehen sucht; aber wir können nur auf der Oberfläche der Erde, also nur die scheinbare Lage der Gestirne beobachten, und diese kann von der wahren Lage zu dem Mittelpunkte der Erde sehr bedeutend abweichend. Es sei (Fig. 10.) E der Mittelpunkt der von Westen nach Osten sich um ihre Achse drehenden Erde, S ein Stern, A der Ort des Beobachters, so ist die wahre Lage des Sterns in der Richtung ES, die beobachtete Lage ist aber AS; der Winkel AES, um welchen der Stern niedriger erscheint, als er wirklich ist, heißt die Parallaxe (S. 53.). Diese ist am größten, wenn S im Horizonte des Ortes A ist, und so groß wie der Winkel, in welchem der Erdhalbmesser von dem beobachteten Sterne aus erscheinen würde; man nennt sie Horizontalparallaxe. Je höher der Stern über dem Horizonte steht, desto kleiner ist die Parallaxe, und endlich im Zenith, obgleich alsdann der Stern der Erde um einen ganzen Erdhalbmesser näher ist, ist sie = 0.

Sie hängt gänzlich von der Entfernung des Gestirns ab. Für die Fixsterne ist der Unterschied völlig

unmerklich, für die Sonne etwa 8″, und für die nächsten Planeten auch nicht sehr bedeutend. Für den Mond aber beträgt sie wol 62′; um diesen Winkel erscheint er uns also am Horizonte tiefer, als er es vom Mittelpunkte der Erde aus sein würde, und ein Stern, der nahe unter ihm ist, kann oft über ihm zu stehn scheinen. Wegen der Abplattung der Erde und der Ungleichheit der Linien vom Mittelpunkte der Erde nach der Oberfläche, ist die Horizontalparallaxe in den höheren Breiten kleiner, als am Aequator; der Unterschied zwischen der Horizontalparallaxe des Mondes am Aequator, der Aequatorialparallaxe, und der in den höchsten Breiten kann 15″ betragen. Für keinen andren Himmelskörper beträgt er mehr als $^1/_{10}$″, ist also völlig unmerklich. Die Parallaxe ist für denselben Körper, wenn er sich in größerer Entfernung befindet, kleiner, welches beim Monde wol 26″ ausmachen kann.

Für alle diese Fälle der Höhe über dem Horizont, der Nähe und geographischen Breite hat man, da wo es nöthig war, Tabellen berechnet, wodurch man die Beobachtungen korrigirt, und sie hierdurch nicht nur von diesen Umständen unabhängig gemacht, sondern sogar in den Beobachtungen, die in den verschiedensten Zeiten und Ländern angestellt sind, Gleichförmigkeit möglich gemacht.

Uebrigens ist die Parallaxe eine den Astronomen höchst willkommne Erscheinung, indem sie das einzige Mittel zur Berechnung der Entfernung der Himmelskörper gibt; denn aus dem Winkel EMA, (Fig. 10.) und der Linie EA, dem Halbmesser der Erde, läßt sich die Entfernung ES sehr leicht berechnen. — Keine Lage auf der Erde ist vielleicht zur Beobachtung der Parallaxe geeigneter als Stockholm und das Vorgebirge der

Guten Hoffnung; beide liegen fast in demselben Mittagskreise, aber jenes 59° 20′ nördlicher Breite, dieses fast 34° südlicher Breite, also über 93 Grade von einander entfernt.

Die Oberfläche der Erde besteht aus drei Klassen von Körpern, starren Körpern, oder Land, tropfbar flüssigen, oder Wasser, und luftförmigen, oder Atmosphäre. Die letztere ist gleichmäßig über die ganze Erde verbreitet; aber sehr ungleichförmig ist die Vertheilung von Land und Wasser. Erst in dem letzten Jahrhundert ist sie genauer bekannt geworden, denn die Erde kann nicht, wie ein entfernter Himmelskörper, von einem Standpunkte aus beobachtet werden; selbst der höchste Berg gewährt nur eine sehr beschränkte Aussicht, und um den 16ten Theil der Erdoberfläche übersehen zu können, müßten wir uns über 360 Meilen von der Erde erheben. Um ihre Oberfläche kennen zu lernen waren daher mühsame, oft lebensgefährliche Reisen nöthig; und erst in dem 18ten und 19ten Jahrhundert war der Sinn für die Wissenschaft stark genug, daß einige Männer für sie ihr Vermögen, ihre Gesundheit, ja ihr Leben wagten und aufopferten.

Von den 9¼ Millionen Quadratmeilen ist nur ¼ — ⅓, also etwa 3 Millionen Meilen, Land, das sehr ungleichförmig in drei Inseln vertheilt ist, wovon die größte Europa, Asia und Afrika, die zweite Nord- und Südamerika und die kleinste Neuholland umfaßt. Zwischen ihnen erstrecken sich der große und der Atlantische Ocean, die sich in Norden in dem Nordocean, und in Süden in dem Indischen und dem Südocean vereinigen. Vorzüglich scheint der Südtheil der Erde dem Wasser anzugehören, denn während nach dem Norden hin die beiden größten Kontinente zusammen-

stoßen, und die beide Hauptoceane sich nur durch schmale Meerengen, die Barrow- und Baffinsstraße, und zwischen Norwegen, Island und Grönland, mit dem Nordocean vereinigen können, haben große, in das höchste Alterthum hinaufgehende Naturerscheinungen, vielleicht durch allmälige Aenderung der Erdachse hervorgegangene Strömungen, alle Festländer nach Süden hin zugespitzt: in einem weiten Gebiete, nur von verhältnißmäßig wenigen Inseln unterbrochen, erstreckt sich der Ocean zwischen den Südspitzen Amerika's, Afrika's, Asiens und Neuhollands.

Es ist merkwürdig, daß die beiden Hauptstreifen Land von den Linien, die sie ihrer größten Länge nach durchschneiden, auch in fast gleiche Theile getheilt werden. Für das größte Festland, die Alte Welt, ist es die Linie von der Nordspitze Sibiriens durch den Meerbusen Linchidolin, Tobolsk, das Kaspische Meer, Mekka, Abessinien, Monomotapa zum Vorgebirge der Guten Hoffnung. Sie ist etwa 2000 Meilen lang, nur durch das Kaspische Meer und den Arabischen Meerbusen unterbrochen, und schneidet das Land fast in gleiche Theile: denn auf der linken Seite sind 889,600 Quadrat-Meilen und auf der rechten 889,100; allerdings eine überraschende Uebereinstimmung.

Das Neue Kontinent wird auf ähnliche Weise durch eine Linie von Patagonien bis zu den Kanadischen Seen getheilt, die, etwa 1500 Meilen lang, nur durch den Meerbusen von Mexiko unterbrochen wird. Die beiden Theile auf der linken und rechten Seite enthalten 384,900, und 385,500 Quadrat-Meilen.

Die Größe der fünf Welttheile ist nach den genauesten Karten:

Europa	153,529	oder 158,400	□ Meilen.
Asien	763,208	— 768,057	—
Afrika	531,000	. . . . .	—
Amerika	753,000	oder 800,000	—
Australien etwa	200,000	. . . . .	—
Neuholland allein	151,380	. . . . .	—

Beide großen Theile der Erdoberfläche, Land und Wasser, sind indeß keineswegs durch die Küsten geschieden. In der Mitte der Welttheile erinnern die Landseen an das Meer, und die Inseln in den Oceanen an das Land. Zahllose Ströme führen dem Meere Erzeugnisse aus dem Innern der größten Festländer zu, und das sich zu Wolken und Regen bildende Wasser entschädigt die Länder für die weggespülte Erde. An den Ufern sind beide Elemente in beständigem Kampf; die steilsten Felsen werden hier allmälig vom Wasser zertrümmert, während dort der Ocean seinen Raub absetzt und Länder und Inseln bildet, wo sonst die Wellen tobten. Alles auf der Erde ist in beständigem Wechsel, und wie auf dem Boden aller Oceane Land ist, war einst auf den Gipfeln der Berge das Wasser mit seinen Bewohnern. Die dunklen Sagen aller Völker reden von großen Ueberschwemmungen; Thiere und Pflanzen der heißen Zone an den Küsten des nördlichen Eismeers, Meermuscheln und Fische auf den Alpen, alles deutet auf große Veränderungen der Erde hin.

Wenn die Oberfläche der Erde nur durch beschwerliche Reisen erforscht werden kann, so bieten sich der Kenntniß des Innern der Erde unübersteigliche Schwierigkeiten dar, und wie tief auch der Geiz des Menschen in die metallführenden Gebirge eingedrungen zu sein glaubt, von dem Gipfel der höchsten Berge

bis zu dem Boden der tiefsten Schachte ist der Mensch dem Mittelpunkte der Erde kaum um $^1/_{1000}$ näher gekommen. Gezwungen, auf die Kenntniß des Inneren der Erde auf immer zu verzichten, suchte er sich durch Vermuthungen zu entschädigen, und alle Wissenschaften, von der Geschichte und Geographie, ja auch der Naturphilosophie an, bis zu den mikroskopischen Versuchen der Chemiker und Physiker über die Krystalle, müssen sich mit der Geognosie vereinigen, um ihm Aufschlüsse über die Bildung der Erde zu geben.

Aber nicht Vermuthungen, deren Begründung außerhalb unsres gegenwärtigen Gesichtskreises liegt, sondern Thatsachen wollen wir unsren Zuhörern vorlegen, und ob wir gleich auf eine Kenntniß des Inneren der Erde auf ewig verzichten müssen, so hat doch die Untersuchung der an vielen Stellen von dem Menschen, den Gewässern und dem Feuer durchwühlten Erdrinde schon zu merkwürdigen Ergebnissen geführt, deren Hauptpunkte wir im Folgenden, nach Humboldts, des ersten der europäischen Naturforscher, neuesten Arbeiten, andeuten wollen.

Als Grundlage aller uns bekannten Körper der Erdoberfläche und als Gipfel der höchsten Berge erscheint uns das Urgebirge, unregelmäßig oder schichtenweis übereinandergehäufte Steinmassen, deren krystallinisches Gefüge an einige Erzeugnisse unserer Erzöfen erinnert. Völlig von jeder Spur organischer Bildung entblößt, sind die Urgebirge entweder früher gebildet worden, als irgend ein Theil der organischen Welt, oder doch unter Umständen, die alles Lebende ertödtet haben.

In ihren Bestandtheilen den Urgebirgen ähnlich, bilden die Uebergangsgebirge die zweite und jüngere Klasse der Gebirge; aber die geringe Vollkommenheit, ja zuweilen der gänzliche Mangel an

krystallinischem Gefüge, verräth ein weniger langsames Entstehen, ja zuweilen selbst die Wirkung gewaltiger Kräfte, die das Urgebirge zerstörten, um aus den Trümmern neue Felsmassen zu bilden. Ueberreste von Farrenkräutern, Korallen und Muscheln deuten auf eine Flüssigkeit, die vom Wasser, und eine Atmosphäre, die von der jetzigen nicht sehr verschieden war.

Durch Reichthum an Kalk und fast völligen Mangel an Krystallisation zeichnen sich die Flözgebirge von den vorigen aus. Fast immer geschichtet, gleichen sie den Niederschlägen von Erdtheilen, die der Ocean fortgerissen hat, und zahlreiche Ueberreste der niederen Klassen des Thier- und Pflanzenreichs bezeugen ein bedeutend jüngeres Alter, als das der beiden vorhergehenden Gebilde. Doch merkwürdig ist's, daß fast keine einzige von den zahlreichen Pflanzen- und Thierarten mit den noch jetzt lebenden übereinstimmt; in den Polargegenden findet man Ueberreste organischer Wesen, deren verwandte Arten jetzt nur noch am Aequator leben, und umgekehrt.

Dasselbe gilt auch von den tertiären Gebirgen. Aber hier finden sich neben den Ueberresten der niederen Thierklassen auch Säugethiere, Vögel und Amphibien, und es ist merkwürdig, daß gerade die wunderbaren Formen der Faulthiere, der Elephanten, und ähnlicher Thiere, mit gigantischen Ochsen, Hirschen u. dergl., so häufig gefunden werden. Auch von Waldungen sind uns unermeßliche Ueberreste in den Stein- und Braunkohlen-Gebirgen geblieben. Es darf uns zwar nicht befremden, daß einige Thier- und Pflanzenformen ausgeartet oder ganz vernichtet sind, da selbst die wenigen Jahre, seitdem der Mensch sich der Zoologie und Botanik mit größerer Aufmerksamkeit widmet, nicht ohne Beispiele der Art sind; aber das gänzliche Aufhören fast aller organischen Wesen der

Flöz- und tertiären Gebirge, und das Entstehn der Pflanzen und Thiere der jetzigen Welt ist entweder durch eine allmälige Ausartung verursacht, welche eine bedeutende Veränderung der Meere und der Atmosphäre voraussetzt — und Niemand vermag zu bestimmen, wie weit diese noch gehen wird —, oder eine große Naturrevolution hat jene Wesen zerstört, und die völlig neuen Bildungen veranlaßt. Indeß wenn das Reich der organischen Wesen auch durch den Untergang mancher Art vermindert ist, so wird dieser Verlust doch reichlich durch die Bildung des Menschen entschädigt. Er scheint, mit den ihm am nächsten stehenden Affen, ganz der neueren Zeit anzugehören; in keinem Gestein, das den früheren Gebilden angehört, ist eine Spur von ihm gefunden, und wenn sich Ueberreste von ihm zeigen, so ist's in loser Erde, oder in neuen, noch jetzt sich bildenden Gesteinen. Mit dem Menschen, als ihrem edelsten Werke, scheint daher die Natur die Hauptperiode ihrer Bildungsthätigkeit geschlossen zu haben, und sie jetzt nur noch in niedren Pflanzen- und Thiergebilden zeigen zu können.

Den größten Theil jener vier Hauptgebirgsformen überdeckend, jünger als sie, und stets fort sich bildend, ist das aufgeschwemmte Land. Selbst bei ihrem gegenwärtigen, ruhigeren Gange reißen die Flüsse, die Meere, beständig Land mit sich fort, und häufen es an der Mündung der Ströme, an den Küsten mancher Länder und auch an dem Boden der Meere in ausgedehnten Bänken an; aber vor Jahrtausenden, als der Ocean noch größere Erdgebiete bedeckte, zerstörte er bei plötzlichen Durchbrüchen, deren Spuren wir noch sehen, ganze Gebirge, und lagerte auf die flachen Gegenden Steine und Erde in solcher Höhe, daß der größte Theil des Landes damit bedeckt ist.

Ueberall finden sich Spuren von Pflanzen, Thieren, ja auch Menschen, zum Theil noch deutlich zu erkennen, zum Theil durch Verwesung in fruchtbare Dammerde aufgelöst, die wiederum zur Erzeugung organischer Wesen beiträgt; so daß sie uns in Zweifel läßt, ob wir sie mehr Ernährerinn oder Erzeugniß derselben nennen sollen.

Diese fünf Gebilde werden sämmtlich durchkreuzt von den durch unterirdische Feuer hervorgebrachten Stoffen, die, nachdem sie in den älteren, oder neueren Zeiten entstanden sind, die Namen und die Gestalt von Porphyr, Basalt oder Lava führen. In jedem Jahre werden einige Länder der Erde von Vulkanen oder Erdbeben heimgesucht, und die oft ungeheuere Ausdehnung derselben macht es wahrscheinlich, daß ein großer Theil der Erde auf Höhlen ruht, die mit brennbaren Stoffen angefüllt, bloß den Durchbruch eines Gewässers, oder andre ihnen günstige Umstände erwarten, um sich mit furchtbarer Explosion zu entzünden. Aber zum Glück treten jene Umstände nur selten ein, und wenn es geschieht, hat die gütige Natur für Rettungsmittel gesorgt, indem entweder die Stärke der Erdrinde jenem Drucke widersteht, oder wenn ein schwacher Theil gebrochen wird, ist's nur dieser, aus welchem sich die empörten Elemente befreien; so daß ein kleiner Theil der Erdoberfläche für den übrigen zum Opfer wird. So lebt der Mensch sicher auf diesen Höhlen, diesen Ruinen, vergißt der Gefahren, die jeden Augenblick auf ihn einbrechen können, und bedenkt nur, daß dieselben Ursachen, die Pompeji bedeckten, Caraccas, Lissabon und Schiras zerstörten, und in dem indischen Archipel mit dem Hervorbringen und Zerstören von Inseln zu spielen scheinen, auch die Unebenheiten der Erde hervorgebracht haben, so daß Meere

sich bilden, und Flüsse die Erde bewässern können, ohne welche unser Planet, eine unfruchtbare Wüste, weniger Thiere und Pflanzen erzeugen und ernähren könnte, als ein von Vulkanen und Erdbeben durchwühltes Land.

Von leichterem Stoffe, den Sinnen weniger merklich, aber für alles Lebendige nicht minder nothwendig, als der starre und flüssige Theil der Erde, nimmt der Luftkreis oder die Atmosphäre die höheren Regionen unsres Planeten ein. Sie besteht aus allen Theilen der Erde, deren Temperatur und Elasticität die Luftform verstatten; aber vorzüglich sind es drei Stoffe die sie bilden: Stickstoff, Sauerstoff und Wasserdampf, der, durch Erkältung zu Kügelchen oder Bläschen gestaltet, uns als Nebel oder Wolke das schöne Blau des Himmels entzieht. Wie die Atmosphäre den Thieren und Pflanzen den nothwendigsten Nahrungsstoff liefert; wie sie überhaupt alles Leben bedingt; wie durch Veränderungen in Wärme und Licht, in Elektricität und Magnetismus, Wolken und Regen, Blitz und Donner, Nord- und Südlicht entstehn, müssen andre Wissenschaften zu erforschen suchen; aber auf welche Weise sie auf Erscheinungen der Himmelskörper einwirkt, wollen wir im Folgenden andeuten.

An der Oberfläche der Erde am größten, nimmt die Dichtigkeit in einem sehr raschen Verhältnisse ab, so daß sie in der Höhe von 25 Meilen nicht den 300millionten Theil derselben beträgt, also schon in dieser geringen Entfernung von der Erde unmerklich ist. Wenn sie nun auch ganz unbegrenzt ist und sich im Weltraume verliert, so ist sie doch in einem so hohem Grade verdünnt, daß ihr Einfluß auf die Himmelserscheinungen unmerklich ist, und man ihr Dasein außerhalb einer geringen Entfernung von der

Erde nicht zu berücksichtigen braucht. Das Verhältniß, in welchem die beiden erstgenannten Bestandtheile zu einander stehen, scheint fast überall, in allen Zonen, in Höhen und Tiefen, in menschen-vollen und leeren Räumen, unverändert zu bleiben. Der Wasserdampf, der in geringerer und sehr veränderlicher Menge den übrigen Bestandtheilen der Atmosphäre beigemengt ist, scheint in noch größerem Verhältnisse von der Oberfläche der Erde an abzunehmen.

Schon in der dritten Vorlesung haben wir von den Täuschungen der Sinne gesprochen, und wir werden ihrer noch öfter erwähnen. Vorzüglich häufig sind sie bei den Erscheinungen der Atmosphäre. Ein Körper, der an unsrem Zenith kreisförmig ist, wird desto elliptischer, je mehr er sich dem Horizonte nähert; die Wolken scheinen am Horizonte viel zahlreicher, dichter und länglicher zu sein, als in der Nähe des Zeniths; ein sich gleichförmig in seiner täglichen Bahn um die Erde bewegender Stern bewegt sich desto langsamer, je geringer seine Höhe ist. Es ist dieses eine Folge der scheinbaren Größen unter welchen sich die Körper und die Entfernungen zeigen, aber noch verwickelter werden die Erscheinungen durch die unregelmäßige Gestalt des Himmelsgewölbes.

Man könnte sich vielleicht wundern, daß jene unermeßliche, unbegrenzte Luftmasse uns überhaupt begrenzt erscheine, wenn wir nicht wüßten, daß das Auge, unempfindlich für Nähe und Entfernung, den Raum zwischen den ihm sichtbaren Gegenständen auf irgend eine Weise ausfüllen mußte. Wäre die Luft völlig durchsichtig, so daß uns die entferntesten Sterne sichtbar würden, so würde sie uns entweder unter einem matten, milchstraßenähnlichen Lichte, oder wo keine Sterne sind, völlig schwarz erscheinen. Dieses schwarze oder mattweiße Gewölbe bildete alsdann eine

Halbkugel, in deren Mitte wir uns befinden, da kein Grund vorhanden wäre, warum uns ein Theil des Gewölbes näher oder entfernter sein sollte, als der andre. Aber weder die Farbe, noch die Gestalt des Himmels bestätiget jene Ansicht. Was die schöne Himmelsbläue verursacht, ist sogar jetzt noch nicht völlig bekannt; wahrscheinlich hat die Luft, obgleich sie uns, in geringer Masse, völlig durchsichtig erscheint, eine Farbe, und ist dadurch andren Gasen, z. B. dem Chlor, dem Joddampfe ähnlich. Welchem von den beiden Hauptbestandtheilen der Luft wir das schöne Blau verdanken, oder ob dieses durch die Mischung der verschiedenen Farben derselben verursacht werde, ist noch unentschieden. Auch kennen wir die Wirkung des luftförmigen Wasserdampfes nicht. Aber die der Luft beigemengten Dünste schwächen die Stärke ihrer Farbe, die Luft erscheint in einem desto dunkleren Blau je günstiger das Klima, oder die Höhe einer Gegend der Heiterkeit des Himmels ist; in Italien ist der Himmel dunkler als bei uns, und auf den Gipfeln der Berge und den Ebenen der heißen Zone besitzt der Himmel oft ein schönes, tiefes Blau, und eine Klarheit, und von denen wir uns keinen Begriff machen können.

Auch die Gestalt des Himmels ist weit von der einer Halbkugel entfernt; er scheint vielmehr ein Stück einer Kugeloberfläche zu sein, deren Mittelpunkt weit unter unsren Füßen ist, oder eine andre krumme Oberfläche — die Mathematiker haben sie noch nicht mit Gewißheit bestimmen können — deren Halbmesser am Horizont 2 bis 3 mal so weit ist, als nach dem Zenith. Denn nicht einem jeden Menschen erscheint sie von der nämlichen Gestalt, sie scheint vielmehr sehr von der Beschaffenheit des Auges abhängig zu sein. Die Ursache liegt vielleicht in der Gewohn-

heit, Entfernungen unbekannter Körper nach dazwischen liegenden, uns bekannteren Gegenständen zu schätzen. Auf einer Fläche, wo sich Menschen, Thiere oder Bäume befinden, täuschen wir uns weniger leicht über die Entfernung eines Berges, als wenn eine weite, leere Ebene uns von ihm trennt. Wo diese Merkzeichen fehlen, rücken wir uns den Gegenstand näher, und mancher kühne Schwimmer fand seinen Tod in den Wellen, weil er die Entfernung des gegenüberstehenden Ufers für kleiner hielt, als sie war. Am Horizont finden wir dergleichen Gegenstände; daher scheint uns dort die Grenze des Gewölbes weiter hinausgerückt, als in der Höhe.

Indeß finden sich auf dem Ocean und den weiten Wüsten, Steppen und Savannen Afrika's, Asiens und Amerika's oft eben so wenig unterschiedene Gegenstände auf der Erde, als in der Luft, und dennoch erscheinen uns dieselben in jener plattgedrückten Gestalt. Richtiger ist daher wol Euler's Erklärung: Jedes durch einen durchsichtigen Körper gehende Licht wird geschwächt. Auch durch die Luft gesehn, erscheinen uns die Gegenstände desto klarer, je reiner und dünner sie ist; und in heißen und hohen Gegenden erblicken wir oft Sterne mit unbewaffnetem Auge, die man bei uns nur mit dem Fernrohre auffinden kann. Entfernte Gegenstände erscheinen uns daher matter, und wir haben uns gewöhnt, geringere scheinbare Größe, größere Entfernung und matteres Licht als sich wechselseitig bedingende Punkte zu betrachten. Wo die wirkliche Größe unbekannt ist, schließen wir aus der Stärke des Lichts auf die Entfernung. Aber hierbei täuschen wir uns; denn weil das Licht der über uns befindlichen Gegenstände zum Theil durch eine weit dünnere und reinere Luft geht, als wenn es längs der Erdoberfläche streichen müßte, so wird es weit

weniger geschwächt und die Gegenstände scheinen uns viel näher zu sein. Am Horizont sind daher die Grenzen des Himmelsgewölbes viel weiter hinaus gerückt, als am Zenith.

Alle entfernten Körper scheinen einen Theil des Gewölbes auszumachen, und ihre Größe scheint von der Stelle abzuhängen, welche sie daran einnehmen; am Horizont erscheinen daher die Körper und Entfernungen der Sterne viel größer, als am Zenith. Die Sonne, der Mond, die von uns am Horizont fast um den Erdhalbmesser weiter entfernt sind, als am Zenith, und kleiner erscheinen sollten, sind dort viel größer; das Licht der Sonne ist beim Auf- und Untergange so geschwächt, daß wir es ohne Blendung ertragen können; aber ein Fernrohr überzeugt uns bald, daß die scheinbaren Entfernungen und Größen (S. 49) von der Lage zum Horizont unabhängig sind.

Das Mittel, wodurch wir außer uns befindliche Gegenstände durch den Sinn des Gesichtes wahrnehmen können, nennen wir Licht. Bei den irdischen Gegenständen wird es oft durch Gefühl, Gehör, Geruch unterstützt; bei den Himmelskörpern aber steht es ganz einzeln da, und alle Phänomene sind denselben Täuschungen unterworfen, wie unser Auge. Ob aber das Licht ein den Gasen ähnlicher, nur viel feinerer Körper ist, der von den leuchtenden Körpern ausstralt; oder ob wir uns dasselbe bloß als die Schwingungen eines Aethers denken müssen, durch den es sich schallähnlich fortpflanzt, ist jetzt noch unentschieden, und kann uns hier auch gleichgiltig sein, da wir uns nur mit einigen seiner Eigenschaften beschäftigen wollen.

1. In einem gleichförmigen Körper ist seine Bewegung in einer graden Linie.

2. Sobald es aber in einen andern Körper tritt,

stralt es theils von der gemeinschaftlichen Oberfläche beider Körper unter demselben Winkel wieder zurück — wie eine Billardkugel an den Rändern der Tafel, oder wie der Schall — wovon wir im Spiegel Beispiele sehen; man nennt dieses Zurückwerfung, Spiegelung des Lichts, Reflexion; theils

3. setzt es seinen Weg durch den Körper fort, aber gewöhnlich in einer von der vorigen abweichenden Richtung, so daß der Stral, wenn er in einen dichteren Körper tritt, sich der auf der gemeinschaftlichen Oberfläche beider Körper senkrechten Linie nähert. Die Ablenkung ist um so größer, je größer der Winkel ist, den sie mit einander machen, so daß nur dann keine Aenderung statt findet, wenn der Stral senkrecht auf die Oberfläche fällt. Man nennt diese Erscheinung Brechung des Lichts, Refraktion. Wir sehn den Körper immer in der Richtung, welche der Stral hat, wenn er unser Auge erreicht, also nicht in der wahren Stelle. So scheint z. B. ein zum Theil in Wasser gehaltener Stab gebrochen. Beides, Spiegelung und Brechung des Lichts, zeigt sich uns nur dann regelmäßig, wenn die Oberfläche beider Körper völlig eben ist; da dieses aber fast nie der Fall ist, so wird ein Theil des Lichts nach allen Richtungen zerstreuet werden, der um so größer ist, je unebener die Oberfläche ist, wie z. B. bei den Himmelskörpern. Wären diese völlig eben, so würden wir immer, statt der Gestalt derselben, nur ein sehr glänzendes, verkleinertes Bild der Sonne, wie in einem konveren Spiegel, erblicken können, so wie wir in einem Spiegel nur die Gestalt der gespiegelten Gegenstände, nicht aber seine eigene, deutlich erkennen. Durch die Zerstreuung werden die Körper beleuchtet und sichtbar.

4. Wie alle Bewegungen, und auch der Schall, gebraucht das Licht eine gewisse Zeit, um sich fortzu-

pflanzen. Indeß ist seine Geschwindigkeit so groß, daß wir sie bei keiner irdischen Erscheinung wahrnehmen können; sie beträgt nämlich 40000 Meilen in der Sekunde (beim Schalle nur etwa 1000 Fuß, und bei der Kanonenkugel 600 Fuß in der Sek.) ist also 10186 mal rascher als die Bewegung der Erde in ihrer jährlichen Bahn; aber bei den Himmelskörpern ist ihre Wirkung bedeutender. Von der Sonne gebraucht der Stral 8 Minuten, um zu uns zu kommen, und die größten Veränderungen in der Nähe des Sirius würden uns wahrscheinlich erst nach einigen Jahren sichtbar sein. Wir werden in der Folge mehrere aus der nicht augenblicklichen Fortpflanzung des Lichts entspringende Erscheinungen erwähnen.

Die Zurückwerfung des Lichts bringt die so angenehme Dämmerung hervor. Wenn nämlich die Sonne schon unter den Horizont hinabgesunken ist, erleuchtet sie noch unsre Atmosphäre, so daß die kleineren Sterne noch nicht sichtbar sind. Diese erblicken wir nicht eher als bis die Sonne etwa 18° unter dem Horizonte ist; früher tritt die wahre Nacht nicht ein, und sie hört schon des Morgens auf, wenn die Sonne noch 18° vom Horizont entfernt ist. Die dadurch am Morgen und Abend dem Tage gewonnene Zeit heißt die Morgen- und Abenddämmerung. Wenn die Sonne 18° unter dem Horizonte ist, so kann die Atmosphäre bis auf eine Höhe von 10 Meilen erleuchtet werden; die weiter entfernten Theile der Luft sind daher schon zu sehr verdünnt, als daß sie uns das Licht der Sonne zurückstralen könnten. Man nimmt deshalb gewöhnlich 10 Meilen als die Höhe der Atmosphäre an.

Je weniger die Sonne in der Nacht unter den Horizont hinabsinkt, auf desto kürzere Zeit ist die Nacht beschränkt, und wenn sie um Mitternacht nicht

tiefer als 18° steht, so begegnen sich Morgen- und Abenddämmerung, und es wird selbst um Mitternacht nicht ganz dunkel. Dieses geschieht am längsten Tage zwischen dem 48½ Grade der Breite und dem Pol, in den Nachtgleichen vom 72sten Grade an, ja am Nordpol werden die beiden Dämmerungen nur zwischen dem 12. November und 29. Januar unterbrochen, und die dunkle sechsmonatliche Nacht wird um 100 Tage verkürzt. Unter 60° Breite ist während vier Monaten keine völlige Nacht; unter 52° — 53° währt sie von der Mitte Oktobers bis zum ersten März 2 bis 2¼ Stunden, nimmt dann bis zur Mitte des Mai auf 3¾ Stunden zu, so daß bis Anfang Septembers Morgen- und Abenddämmerung sich begegnen; darauf vermindert sich ihre Länge wieder, bis sie um die Mitte des Oktobers wieder zwei Stunden beträgt. Zwischen den Wendekreisen, wo die Sonne bei ihren Kulminationen am weitesten vom Horizonte entfernt ist, ist die Dämmerung sehr kurz, weshalb man sich oft aus dem hellen Tage fast plötzlich in die dunkle Nacht versetzt findet. Von dieser astronomischen Dämmerung unterscheidet man die bürgerliche; sie dauert bis die Sonne 6½° unter dem Horizonte ist; dann erst pflegt man vom Eintritt der Nacht zu sprechen. Durch die Dämmerung wird das Licht der Sonne noch auf einen schmalen Ring der dunklen Halbkugel verbreitet, der sich dem Bewohner eines außerirdischen Himmelskörpers als ein schmaler Streif zeigen muß, welcher sich längs der Lichtgrenze oder der die helle und dunkle Halbkugel begrenzenden Linie erstreckt.

Weniger auffallend, aber für die Astronomen noch wichtiger, ist die Wirkung der Brechung des Lichts in der Atmosphäre. Aus dem luftleeren, oder doch nur mit höchst feinem Aether gefüllten Rau-

me tritt das Licht in unsre Atmosphäre. Diese nimmt an Dichte mit der Nähe zur Erde zu, und man kann sie sich daher als eine zahllose Menge mit der Erde paralleler, immer dichter werdender Schichten denken; bei jeder neuen Schicht wird der Stral der auf der gemeinschaftlichen Oberfläche senkrechten Linie immer mehr genähert, und wenn er unser Auge erreicht, so hat er eine krumme Linie beschrieben, deren Höhlung der Erdoberfläche zugekehrt ist. Der Stern erscheint uns daher höher, als es ohne Stralenbrechung der Fall sein würde. Der Winkel, um welchen dadurch die Lage des Sterns verändert wird, oder der Refraktionswinkel, muß daher immer von der beobachteten Höhe abgezogen werden, und unterscheidet sich dadurch von der Parallaxe (S. 110), welche den Himmelskörper zu niedrig angibt. Er hängt nur von dem Gange des Lichts in der Atmosphäre oder der Höhe des Himmelskörpers über unsrem Horizonte ab, ist daher von der Entfernung des Himmelskörpers ganz unabhängig, und auch dadurch von der Parallaxe verschieden, deren Größe von der Entfernung eben so sehr als von der Höhe abhängt; aber seine genaue Bestimmung ist ein für die Astronomen zugleich sehr wichtiger und sehr schwieriger Punkt. Am Horizont, wo der Stral die größte und dichteste Luftmasse zu durchschneiden hat, beträgt der Refraktionswinkel 34 Minuten. Um diesen Winkel sind also die Sterne unter dem Horizont, wenn sie am Rande desselben erscheinen, und der Mittelpunkt der Sonne und des Mondes, deren Durchmesser etwa 30′ beträgt, sind noch 50′ unter dem Horizont, wenn ihr oberer Rand schon hervorbricht. Man nennt diesen Winkel die Horizontalrefraktion. Mit der Höhe nimmt er sehr rasch ab, daher der obere Theil der Sonne und des Mondes beim Auf- und Untergange 6′ we-

niger, als der untere gehoben ist, und sie deshalb platt=gedrückt erscheinen. Bei 1° Höhe beträgt die Refrak=tion nur noch $24\frac{1}{3}'$; bei 5°, noch 10′; bei 10°, $5\frac{1}{2}'$; bei 20°, $2\frac{3}{4}'$; bei 40°, $1\frac{1}{4}'$; bei 60°, $\frac{1}{2}'$ und nimmt von da an etwa einen Sekunde auf jeden Grad ab. Am Zenith endlich ist sie = 0. Je höher der Stern in seiner täglichen Bahn steht, desto geringer ist sie, am kleinsten also beim oberen Durchgang durch den Meridian; ein Grund mehr, den Stern in dieser Lage zu beobachten (S. 77).

Die Refraktion hängt nicht von der Höhe allein ab, sondern auch von der Wärme und Schwere der Luft; je wärmer, je leichter diese ist, desto geringer ist die Stralenbrechung; ein Umstand, der die Refrak=tionsberechnungen sehr verwickelt gemacht hat.

Durch die Refraktion sind die Sonne und die Sterne beim Auf= und Untergange zu gleicher Zeit bei uns und in dem entgegengesetzten Theile der Erde sichtbar; und, was den Alten schon aufgefallen ist, der gänzlich verfinsterte Mond und die Sonne können zu gleicher Zeit über unsrem Horizonte sein. Durch die Refraktion sehn die Polarbewohner die Sonne 5 Tage länger, und so bleibt ihnen nur noch eine 77 tägige Winternacht, die durch den alsdann vorzüglich hellen Mond, den Glanz der Sterne und die Polarlichter erhellt wird.

Indeß werden auch die Astronomen für die kleine Mühe, die ihnen die Stralenbrechung in der Atmo=sphäre verursacht, reichlich durch den großen Nutzen entschädigt, den sie ihnen in andren Rücksichten ge=währt, indem man ihr fast ausschließlich die größten Entdeckungen verdanket. Die Wirkung der Fernröhre beruht nämlich größtentheils auf der stralenbrechenden Kraft des Glases.

Ein die Beobachtung der scheinbaren Größe der

Himmelskörper sehr störender Umstand ist die Irradiation. Ein glänzender, in einiger Entfernung befindlicher Körper bringt in unsrem Auge einen Reiz hervor, der ihn nach allen Seiten um etwa zwei Minuten, oder den Durchmesser um vier Minuten vergrößert. Die Entfernung und Größe des Himmelskörpers scheinen darauf keinen bedeutenden Einfluß zu üben; statt 32′ hat der Mond einen Durchmesser von 36′, Jupiter statt 38″, 4½ Min.; die Fixsterne, die keine Sekunde im Durchmesser haben, 4′; Venus und Merkur scheinen uns, selbst wenn sie sichelförmig sind, rund zu sein; bei den Neumonden, den Sonnen- und Mondfinsternissen wird der erleuchtete Theil des Mondes auf Kosten des dunklen vergrößert. So scheint auch ein entferntes Licht größer zu sein. Dieses hat die älteren Astronomen oft getäuscht, indem sie z. B. dem Sirius einen Durchmesser von 4′ gaben. Durch Fernröhre wird die Irradiation sehr vermindert und um so mehr, je besser sie sind; daher die seltsame Erscheinung, daß die Fixsterne immer um desto kleiner erscheinen, je stärker das Fernrohr vergrößert.

Nach Smith kann das Auge keinen Gegenstand mehr für sich unterscheiden, dessen scheinbarer Durchmesser kleiner als 40″ ist; daher erscheinen eckige Gegenstände, z. B. Kirchthürme, in der Entfernung abgerundet; indeß werden schmale Streifen viel besser erkannt als Kreise, die nicht breiter sind; ein weißer Gegenstand auf schwarzem Grunde erscheint leichter, als umgekehrt, und bei sehr glänzenden Gegenständen, z. B. Sternen, dehnt sich durch Irradiation das Bild so sehr aus, daß es dem Auge sichtbar werden kann; daher Fixsterne, deren Durchmesser keine halbe Sekunde beträgt, deutlich unterschieden werden können. Die Astronomen, welche den Himmelskörper durch das Fernrohr zu betrachten gewohnt sind, sehen auch

mit unbewaffnetem Auge den Himmel mit weit geringerer Irradiation, als Andre.

Durch die Trübe unserer Atmosphäre wird das Funkeln der Sterne hervorgebracht. Wenn von den unzähligen Staubtheilchen, die in der Luft schweben, sich eins gerade zwischen unsrem Auge und einem Fixsterne befindet, so wird dieser, seines kleinen Durchmessers wegen, verdunkelt, aber bald wieder erhellt; dieses rasch abwechselnde Verdunkeln und Erleuchten bringt nun jenes Zittern hervor, das vorzüglich bei den hellglänzenden Sternen auffallend ist und das wir Funkeln nennen. Bei den Planeten und andren Körpern, deren scheinbarer Durchmesser zu groß ist, um durch Sonnenstäubchen oder Dunstkügelchen verdunkelt zu werden, findet es in weit geringerem Maße statt. Auch erleidet die Stralenbrechung kleine Veränderungen durch die beständigen Bewegungen der Atmosphäre und den Wechsel der Schichten darin; der Stern erscheint uns daher auch in beständig schwankender Bewegung. Beide Ursachen wirken in einer trüben niedrigen Luft am stärksten, wogegen in trockenen heißen Ländern und auf großen Höhen fast gar kein Funkeln statt findet. Durch Fernröhre, die das Licht eines Sterns in einer größeren Oberfläche auffangen, ist es weit weniger merklich.

Astronomische Beobachtungen können nur bei heiterem Himmel statt finden, denn durch einen Wolkengürtel ist selbst die Sonne nicht sichtbar; aber glücklicher Weise senden uns die von der Sonne erleuchteten Wolken und andre Körper das Licht derselben als Tageslicht zu, wodurch auch die der unmittelbaren Stralen der Sonne, des Sonnenlichts, entbehrenden Gegenstände beleuchtet werden. Zwar kommt das Licht der Sonne durch den Wolkenhimmel um $^2/_3$ geschwächt zu uns; aber die Stärke des

Sonnenlichts ist so groß, daß es dennoch die 100000 mal so große Fläche des Himmels auf einen so hohen Grad erleuchten kann.

Die Wolken, die uns die Sterne verhüllen, verhüllen auch diesen einen Theil der Erdoberfläche. Ein solcher Wolkengürtel, dessen kleine Unterbrechungen in großen Entfernungen nicht wahrnehmbar sind, bedeckt die heißen Länder in ihrer Regenzeit und folgt fast beständig der Bahn der Sonne durch die verschiedenen Parallelen zwischen den Wendekreisen. Ein Beobachter auf dem Monde, der Sonne oder einem der näheren Planeten wird daher diesen Gürtel als einen dunklen, dem Aequator parallelen, beweglichen Streif wahrnehmen. Aehnliche Erscheinungen werden uns die meisten Planeten zeigen.

Achte Vorlesung.

Von den Erscheinungen, welche die Bewegung der Erde verursacht.

Nachdem wir die vornehmsten Eigenschaften der Erde, die sie ihrer Gestalt und ihren Bestandtheilen verdankt, entwickelt haben, können wir jetzt zu ihren Bewegungen und deren Wirkungen übergehn.

Man kann eigentlich nicht von mehrern Bewegungen der Erde reden. Die Bahn eines jeden

Theils ihrer Oberfläche ist eine krumme Linie, deren Eigenschaften wir entwickeln müßten; indeß würde dieses wegen ihrer Unregelmäßigkeit äußerst schwierig, ja bei dem jetzigen Stande der Mathematik fast unmöglich sein. Zum Glücke kann man sie aus zwei Hauptbewegungen zusammengesetzt denken; die andren, weit weniger wichtigen aber, für deren Abweichungen halten. Um nun jene Hauptbewegungen ihrer Richtung und Geschwindigkeit nach angeben zu können, müssen wir sie von jenen Abweichungen so unabhängig als möglich machen. Dieses geschieht am besten, indem wir einen Durchschnitts- oder mittleren Werth annehmen, z. B. statt des ungleichen Sonnentages die Größe desselben im Durchschnitt, oder, um ein einfacheres Beispiel zu wählen: wenn ein Körper bald 6, bald $6^1/_4$, $6^5/_8$, $6^3/_4$ oder $6^7/_8$ Fuß von uns entfernt ist, so ist seine Entfernung im Durchschnitt, oder seine mittlere Entfernung

$$= \frac{6 + 6^1/_4 + 6^5/_8 + 6^3/_4 + 6^7/_8}{5} = 6^1/_2.$$

Zuweilen begnügt man sich eine von den Extremen gleich weit entfernte Zahl zu wählen, welches vorzüglich dann geschieht, wenn, wie bei der Entfernung der Planeten, die Aenderungen allmälig — stetig — statt finden; in unserm Beispiele wäre die Mitte in dieser Rücksicht

$$\frac{6 + 6^7/_8}{2} = 6^7/_{16}.$$

Die beiden Hauptbewegungen, die Achsendrehung und die Kreisbewegung der Erde, haben wir in zwei besondern Vorlesungen (Vorl. 5 und 6) betrachtet; hier bleiben uns deshalb nur noch einige ihrer Wirkungen übrig.

Die Erde ist, wie wir gesehen haben, ein kugelähnlicher Körper, dessen Durchmesser durch die Pole etwa $^1/_{305}$ kleiner ist, als am Aequator; andre Abweichungen von der Kugelgestalt sind unbedeutend, und selbst jene Abplattung hat auf keine der im Folgenden zu betrachtenden Erscheinungen bedeutenden Einfluß; daher wir hier die Erde als eine vollkommne Kugel betrachten wollen, deren Umkreis 5400 Meilen und deren Durchmesser 1719 Meilen beträgt. Ihre Oberfläche wird durch den Aequator in zwei gleiche Theile getheilt und durch die geographische Länge und Breite wird die Lage eines jeden Ortes auf der Erde bestimmt (S. 76). Die Breite hängt nur vom Aequator ab, aber die Länge zählt man von einem willkürlich angenommenen ersten Meridiane an, und läßt sich dabei von verschiedenen Ursachen leiten. Eratosthenes wählte den durch die Säulen des Herkules (Gibraltar und Ceuta), als die äußersten Punkte der damals bekannten Welt; ähnliche Gründe bewogen die Neueren, ihn durch Ferro, die äußerste der Kanarischen Inseln, als den letzten Punkt der alten Welt, oder durch die azorische Insel Flores zu ziehn; von Einigen erhielt Teneriffa wegen seines hohen Piks den Vorzug: alle diese Bestimmungen findet man jedoch jetzt fast nur auf deutschen Karten; denn die patriotischen oder vielmehr egoistischen Engländer, Franzosen und Russen ziehn ihren ersten Meridian fast ausschließlich durch ihre Hauptstädte oder Sternwarten, durch Greenwich, London, Paris, Petersburg u. a. m. Von dem ersten Meridian zählt man von Westen nach Osten von 0° bis 360°. Geht der erste Meridian durch Ferro, so ist die Länge von Ferro selbst = 0°, von dem östlich gelegenen Paris etwa 20°; geht er dagegen durch Paris, so ist die Länge von Paris 0° und von Ferro 340°. Zuweilen, aber minder häufig,

zählt man 180° östlich und 180° westlich; in diesem Falle hätte also Ferro 20° westliche Länge von Paris.

Folgende Tabelle enthält für einige Oerter, wo vorzügliche Sternwarten waren oder sind, und durch welche man wol den ersten Meridian gezogen hat, die östliche Länge von dem Meridiane von Ferro.

Bagdad . .	62°	4′	22″	Palermo .	31°	1′	45″
Berlin . .	31	2	0	Paris . .	20	0	0
Bremen . .	26	26	42	Pecking . .	134	7	30
Dublin . .	11	21	0	Petersburg .	47	59	0
Edinburg .	14	29	30	Philadelphia	302	24	0
Gibraltar .	12	20	15	Port Jackson,			
Göttingen .	27	35	15	Neuholland	168	59	30
Greenwich .	17	40	0	Prag . .	32	5	0
Königsberg, in				Seeberg bei			
Preußen .	38	6	0	Gotha . .	28	23	45
Kopenhagen .	30	15	30	Slough, Her=			
Lissabon . .	8	33	15	schels Stw.	17	3	45
London, St.				Teneriffa, Pik,	1	8	0
Paul . .	17	34	15	Upsala . .	35	18	45
Madrit . .	13	58	0	Uranienborg,			
Mexiko . .	277	34	15	Tycho's Stw.	30	22	25
New York .	303	31	0	Wien . .	34	2	45

Ganz genau liegt Ferro nicht 20° westlich von Paris; indeß da der Unterschied unbedeutend ist, ist man jetzt, der größeren Gleichförmigkeit mit den Französischen Karten willen, übereingekommen, den ersten Meridian durch den Punkt zu nehmen, welcher 20° westlich von Paris ist. Es ist nach dieser Tabelle sehr leicht, Längen, die nach einem gewissen Meridian gemacht sind, auf irgend einen andern zurückzuführen. Z. B. Die Länge eines Ortes ist 151° 25′ 15″ östlich von London, und man will wissen, wie weit er östlich von Paris ist, so addirt man die Länge von London dazu, erhält dadurch die östliche Länge des Orts von

Ferro 168° 5′ 30″, und zieht davon die Länge von Paris ab; der Rest: 148° 59′ 30″, ist die östliche Länge des Orts von Paris.

Sollten mehr als 360° herauskommen, wenn z. B. ein Ort 300° östlich von Pecking, also von Ferro 434° 7′ 30″, und von Paris 414° 7′ 30″ entfernt ist, so ziehe man 360° ab, und man findet für die östliche Länge von Paris 54° 7′ 30″.

Die Länge ist zur Bestimmung der Lage eines Orts der Erdoberfläche nicht minder nothwendig, als die Breite; ungleich wichtiger ist diese aber für die Unterschiede der Tages- und Jahreszeiten und die Klimate. Unter dem Klima eines Ortes versteht man die Stärke und Dauer des Lichts, die Stärke und Dauer der Wärme und die Art und Weise, wie diese, verbunden mit den örtlichen Unterschieden der Erdoberfläche, auf die Erscheinungen der Atmosphäre und die Entwicklung der Thier- und Pflanzenwelt einwirken.

Die Geberinn des Lichts und der Wärme ist die Sonne. Je höher sie über unserem Horizonte steht, und je senkrechter ihre Strahlen die Erde treffen, desto wärmender und leuchtender sind sie, und desto mehr wird die Lebenskraft der Pflanzen und Thiere entwickelt; wenn aber ihre Stralen eine Zeitlang den Erdboden sehr schräg treffen, oder die Sonne ganz unter dem Horizont verborgen ist, wie in dem Winter der Polarländer, so erschlafft die Lebenskraft und erstirbt wol gar. Alle diese Wechsel hängen daher größtentheils von der Bewegung der Erde um die Sonne ab.

Durch die zum Aequator geneigte Ebene der Ekliptik zerfällt die Oberfläche der Erde in fünf Abtheilungen, die man, weil sie, von Parallelkreisen ein-

geschlossen, meistens Ringe um die Erde bilden, Zonen oder Gürtel nennt.

Von den beiden Wendekreisen wird die erste Abtheilung, die heiße Zone, eingeschlossen. In dem engen Raume zwischen dem Aequator und den Wendekreisen bewegt sich die Sonne während des halben Jahres hin und her, so daß sie jeden Parallelkreis zwei mal durchschneidet. Zwar steht sie nicht auf jedem Theile derselben senkrecht, sondern die Reihe der Punkte, über denen sie es ist, bilden wegen der Achsendrehung eine über 360 mal um die Erde geschlungene krumme Linie, die sich jedes Jahr ändert; aber wegen der geringen Dauer des Tages theilt der ganze Parallelkreis die Wirkungen, die der senkrechte Stand der Sonne auf einem seiner Punkte hervorbringt. Wenn auch die Zeit, welche die Sonne über dem Horizonte verweilt, auf allen Theilen der Erde dieselbe ist (S. 93), so wirkt sie hier, wegen ihrer stets bedeutenden Mittagshöhe, mit größerer Kraft. Die belebtere und thätigere Natur der heißen Länder der Erde vermag die gigantischen Thier- und Pflanzenformen derselben zu erzeugen und zu erhalten, und die starke Beleuchtung bringt dort überall jene brennenden Farben hervor, deren Spiel wir bewundern, aber entbehren; wo nicht Mangel an Feuchtigkeit die befruchtende Wärme in eine versengende Hitze, und üppige Landschaften in dürre Wüsten verwandelt. Aber die zu große Hitze ist oft dem edelsten Vermögen der Menschen, der Ausbildung seiner Vernunft, weniger günstig, die allzu freigebige Natur befördert Trägheit, und hitzige Fieber setzen dem thätigen Menschen oft mitten in seiner Laufbahn ein Ziel, das dem unter milderem Himmel lebenden noch weit entfernter geblieben wäre.

Zwischen den Wende- und den Polarkreisen, auf beiden Seiten des Aequators, erstrecken sich die zwei gemäßigten Zonen. Die Sonne steigt nie bis in ihren Zenith, immer nördlich, oder immer südlich, wirkt sie mit weit geringerer Stärke, als in der heißen Zone. Minder gigantisch und üppig hat sich hier das Reich der Pflanzen und Thiere entwickelt, und in beständigem Kampfe mit der Natur muß der Mensch durch Nachdenken und Ausdauer seinen Lebensunterhalt erzwingen; aber dieser Kampf, in dem er fast immer Sieger bleibt, hat seine Kräfte am meisten gestählt, und wenn er auch erst aus der heißen Zone, wo er mit andren ihm verwandten Thieren einheimisch, lange Zeit wild, wenn auch gesellig, umherirrte, sich nach den gemäßigten Zonen fortgepflanzt hat, so haben doch diese seine bisher schlummernden Geisteskräfte erweckt, und dem Vaterlande des rohen, kaum entthierten Menschen Fürsten und Lehrer zurückgegeben.

Von den Polarkreisen begrenzt, umgeben die Pole die kleinsten aber auch traurigsten Landstriche der Erde, die beiden kalten Zonen. Die schiefen Stralen der Sonne vermögen nur wenige Wochen hindurch die Pflanzen und Thiere spärlich hervorzubringen. Verkümmert wie diese ist der Mensch. In ewigem Kampfe mit der starren, unbiegsamen Natur, der er immer unterliegt, vermag er ihr nur mühsam die dürftige Nahrung abzugewinnen, und zur geistigen Entwicklung bleibt ihm weder Aufmunterung noch Zeit; die todte Einförmigkeit der eisigen Natur, die nur auf kurze Zeit eine etwas lachendere Miene annimmt, stimmt fast nur dann den Menschen zur Freude, wenn ein neues Seethier tagelanges Suchen belohnt. In den fruchtbaren Gegenden der heißen

Zone herrscht die Natur durch ihre Güte, in der kalten durch ihre Strenge; nur in der gemäßigten ist beides in seiner Harmonie vereinigt; dort hat sie auch den Fleiß der Menschen durch größere Milde belohnt, und in Europa wie in Amerika ist an die Stelle des rauhen Klima's der früheren Zeiten ein milderer Himmel getreten.

Die Völker der alten Welt, von denen die Astronomie begründet wurde, hielten nur die Zone, in welcher sie lebten, nämlich die nördliche gemäßigte, für bewohnbar, in der kalten, meinten sie, könnten die Menschen wegen der Kälte, und in der heißen Zone wegen der Hitze nicht leben. Nun hätte zwar die südliche gemäßigte Zone bewohnt werden können; indeß dorthin konnten, wie die Kirchenväter sagen, die Söhne Adams nicht kommen, und da Gott unmöglich ein so großes Landgebiet habe umsonst erschaffen wollen, so sei daselbst ohne Zweifel Meer: dieses ist auch zum Theil wahr, aber freilich nicht aus jenem seltsamen Gemisch von Aberglauben und Unwissenheit.

Mann nennt die Bewohner der heißen Zone Unschattige, weil sie zwei mal im Jahre gar keinen Schatten des Mittags haben, und Zweischattige, weil der Mittagsschatten bei ihnen bald nördlich, bald südlich ist. Einschattige sind die Bewohner der gemäßigten Zonen, deren Mittagsschatten immer nach derselben Seite gerichtet ist, in der nördlichen Halbkugel immer nach Norden, und in der südlichen immer nach Süden. Umschattige heißen die Bewohner der kalten Zone, die in ihren kürzesten Tagen keine Sonne, also von allen Seiten Schatten haben.

Die heiße Zone erstreckt sich über 47 Breitengrade, jede gemäßigte über 43 und jede kalte über

23½ Grade. Die Oberfläche der heißen Zone beträgt 0,398 der Erdoberfläche, die jeder gemäßigten 0,2595 und jeder kalten 0,0415; oder beide gemäßigten und kalten 0,519 und 0,083. Kaum der zwölfte Theil der Erdoberfläche gehört daher der kalten Zone an, wogegen die schönsten aller Zonen, die gemäßigten, mehr als die Hälfte derselben einnehmen.

Neben den fünf Zonen, oder den geographischen Klimaten, gibt's noch eine andre Eintheilung der Erde, nach der Dauer des längsten Tages, in 30 Theile: man nennt sie die astronomischen Klimate. Sie sind in folgender Tabelle enthalten:

Klima	reicht bis	faßt in sich	Dauer des längsten Tages.
1	8° 34′	8° 34′	12½ Stunden
2	16 44	8 10	13 —
3	24 12	7 28	13½ —
4	30 48	6 36	14 —
5	36 31	5 43	14½ —
6	41 24	4 53	15 —
7	45 32	4 8	15½ —
8	49 2	3 30	16 —
9	52 0	2 58	16½ —
10	54 31	2 31	17 —
11	56 38	2 7	17½ —
12	58 27	1 49	18 —
13	60 0	1 33	18½ —
14	61 19	1 19	19 —
15	62 26	1 7	19½ —
16	63 23	— 57	20 —
17	64 11	— 48	20½ —
18	64 50	— 39	21 —
19	65 22	— 32	21½ —
20	65 48	— 26	22 —
21	66 8	— 20	22½ —
22	66 21	— 13	23 —
23	66 29	— 8	23½ —
24	66 32	— 3	24 —
25	67 23	— 51	1 Monat
26	69 50	2 27	2 —
27	73 39	3 49	3 —
28	78 31	4 52	4 —
29	84 5	5 34	5 —
30	90 0	5 55	6 —

Die ersten 24 Klimate werden durch den Unterschied von einer halben Stunde in der Dauer des längsten Tages bezeichnet; aber die Größe derselben, die anfangs 8° 34′ beträgt, sinkt an den Polarkreisen auf 3′ Minuten hinab, so daß innerhalb der kalten Zone ein ganzer Monat als Unterschied in der Länge des Tages zur Bezeichnung der Klimate angenommen wird. Wie bei der Größe der Parallelkreise (S. 108) sind auch bei der Tageslänge die Veränderungen in der Nähe des Aequators kleiner; während die ersten 23½° nur eine Verschiedenheit von 1½ Stunde verursachen, beträgt er für die letzten 23½° der gemäßigten Zone 8¾ Stunden.

Alle sich auf die Gestalt und die Bewegung der Erde beziehenden Erscheinungen ändern sich bei gleichen Räumen in der Nähe des Aequators in weit geringerem Maße als in höheren Breiten, und dieses bestätigt sich auf eine merkwürdige Weise bei der Thier- und Pflanzenwelt. Denn in dem ganzen ungeheuren Landstriche, den man unter dem Namen der heißen Zone begreift, und noch viel weiter hinaus sind fast dieselben Pflanzen, dieselben Thiere, dieselbe Wärme und Feuchtigkeit der Atmosphäre, kurz die verschiedenen Parallelkreise haben ganz, oder doch fast ganz dasselbe Klima, und die Unterschiede hängen nur von örtlichen Umständen ab; wie verschieden von der gemäßigten Zone, wo in unsren Breiten ein Grad für viele Pflanzen, z. B. den Wein, einen sehr bedeutenden Unterschied macht!

Die Unterschiede in der Dauer der Tage und Nächte nehmen zwar in der Nähe der Pole zu, und nur die Zeiten, in welchen die Nacht oder der Tag ganz ausbleibt, beobachten ein anderes Verhältniß; aber die starre Polarregion selbst scheint einen so hohen Grad der Unveränderlichkeit zu besitzen, oder vielmehr die

Wärme, die Feuchtigkeit der Luft und die Entwicklung der organischen Wesen scheint in derselben auf eine so niedrige Stufe hinabgedrückt zu sein, daß eine Veränderung von einigen Graden fast gar keinen Unterschied mehr hervorbringt. Ja örtliche Umstände herrschen so sehr den astronomischen vor, daß sogar eine dem Pol nähere Gegend ein wärmeres Klima haben kann, da, dem gewöhnlichen Gange der Natur entgegen, einige Eskimo-Stämme im Winter nach Norden wandern. So stehn die kalte und die heiße Zone, obgleich einander auf's entschiedenste entgegengesetzt, doch wiederum gemeinschaftlich der gemäßigten Zone gegenüber, wie das Nichts und das Unendliche dem Etwas.

Uebrigens darf wol kaum hinzugefügt werden, daß die Natur keine scharfe Grenze zwischen den verschiedenen geographischen oder astronomischen Klimaten kennt; vielmehr gehen die Erscheinungen in einander über, und jene Angaben betreffen nur immer den Hauptcharakter eines Erdgürtels.

Innerhalb jeder Erdgegend werden, durch den verschiedenen Stand der Sonne in den Jahrs- und Tageszeiten, sowohl für die Erscheinungen der Atmosphäre als der Thier- und Pflanzenwelt bedeutende Veränderungen hervorgebracht. Zwischen allen Körpern findet nämlich in Rücksicht der Wärme ein beständiger Austausch statt. Die Oberfläche der Erde empfängt ihre Wärme größtentheils von der Sonne und verliert sie wieder an die sie umgebende Luft. Sobald die Erde mehr empfängt, als sie verliert, so nimmt ihre Wärme zu; im entgegengesetzten Falle, ab. Je mehr nun die Sonne sich von ihrem Aufgangspunkte im Horizonte entfernt, desto mehr nimmt die Stärke ihrer Stralen zu, und im Mittage ist die Mittheilung der Wärme am stärksten; aber je

mehr Wärme die Erde erlangt hat, desto mehr verliert sie auch, und wenn auch die Zunahme noch eine Zeitlang fortdauert, so ist doch schon ein oder zwei Stunden nach dem Mittage der Verlust der Zunahme gleich, und da jener immer größer wird, so ist die Wärme in dieser Tageszeit am stärksten, und nimmt nun immer mehr ab; des Nachts, wo kein Sonnenstral die Erde erfreut, findet bloß Abnahme statt, bis bei Sonnenaufgang die geringste Wärme oder die größte Kälte statt findet. Viele Ursachen ändern jedoch den regelmäßigen Gang der Temperatur, Verdampfung der Flüssigkeit auf der Erdoberfläche, Wolkenbildung u. dgl., so daß auf der Oberfläche der Meere der Unterschied in der Wärme der verschiedenen Tageszeiten sehr unbedeutend ist. Auch in den mit Pflanzen bedeckten Ländern der heißen Zone ist der Unterschied weniger bedeutend, als in den Sandwüsten, deren Oberfläche durch die unmittelbaren Stralen der Sonne eine versengende Hitze erlangt. Die Wärme und das Licht wirken nun auf die Feuchtigkeit der Atmosphäre und die organischen Wesen ein, und wo nicht die übermäßige Hitze die letztern am Tage zur Ruhe zwingt, ist der Tag größtentheils der Thätigkeit, und die Nacht der Ruhe gewidmet.

Auf eine ähnliche Weise, nur in größerem Maßstabe, zeigt der durch ihre jährliche Bahn veränderliche Stand der Sonne seinen Einfluß. Für die gemäßigten Zonen wird das Jahr durch die Bewegung der Sonne in vier fast gleiche Theile, die vier Jahrszeiten, getheilt. Zwischen der Frühlingsnachtgleiche, dem 21. März, und der Sommersonnenwende, 21. Juni, ist der Frühling; dann folgt der Sommer, er reicht bis zur Herbstnachtgleiche, d. 23. September; der Herbst von da bis zur Wintersonnenwende, d. 22. December, und das

übrige Vierteljahr nimmt der Winter ein. Die Abweichung der Sonne und ihr Licht sind in gleichen Abständen von den Sonnenwenden einander gleich, und es könnte scheinen, daß dasselbe auch bei der Wärme statt finden müsse. Aber aus ähnlichen Ursachen, wie am Mittage nicht die größte Wärme des Tages ist, nimmt auch nach der Sommersonnenwende die Wärme noch zu, so daß sie erst nach einigen Wochen ihren höchsten Grad im Jahre errreicht. Sie nimmt darauf ab, bis einige Zeit nach der Wintersonnenwende die Kälte am größten, oder die Wärme am geringsten ist, und während des Frühlings und eines Theils des Sommers wieder zunimmt. Dieses ist auch der Grund, daß die vier Jahreszeiten nicht vor und nach jenen vier entsprechenden Punkten sind, sondern auf sie folgen. Auch hier wird der regelmäßige Gang der Temperatur durch die Einflüsse der Oertlichkeit und der Atmosphäre bedeutend abgeändert; ja die Temperatur der den Sonnenstralen weniger ausgesetzten Körper z. B. der Keller, der Quellen und auch der Oceane, bleibt fast unverändert, daher sie im Sommer kälter und im Winter wärmer sind, als die benachbarten Körper der Erdoberfläche.

Schwieriger ist die Bestimmung der Jahreszeiten für die heiße Zone. Der Aequator hat nach den Nachtgleichen zwei Sommer, während die gemäßigten Theile der Erde Frühling oder Herbst haben. Auf ähnliche Weise verhält es sich mit den übrigen Theilen der Zone, nur daß dort das Jahr durch die beiden Durchgänge der Sonne durch den Zenith ungleich getheilt wird. Diese Erscheinungen haben jedoch eine geringere Wichtigkeit als der Sonnenstand für uns, die Temperatur ist weit weniger veränderlich und die Jahreszeiten hängen weit mehr von örtlichen Ursachen ab.

In den Polarländern endlich sind neben jenen vier Hauptzeiten auch die Tage Epoche machend, an welchen die lange Nacht anfängt und aufhört; man könnte, wenigstens in der Nähe des Pols, das Jahr in vier Zeiten theilen: den Sommer, wo die Sonne beständig über, und den Winter, wo sie beständig über dem Horizonte ist, und den Frühling und Herbst, die beiden Zeiten, wo Wechsel von Tag und Nacht statt findet; indeß würden diese Bestimmungen, wie die ähnlichen der heißen Zone nur einseitig für eine Erscheinung und einen Parallelkreis passen; der wirkliche sich durch größere Wärme auszeichnende Sommer ist zu derselben Zeit, wie in den gemäßigten Zonen der Halbkugel.

Alle Theile derselben Halbkugel haben ihren längsten Tag und alle von der Kreisbewegung der Erde herrührenden Erscheinungen zu gleicher Zeit, die Jahrszeiten sind dieselben; aber verschieden ist die nördliche von der südlichen Halbkugel. Hat die eine den längsten Tag, so hat die andre den kürzesten; ist in jener Sommer, so ist in dieser Winter; wenn hier Frühling ist, ist dort Herbst. December, Januar und Februar sind daher die Sommermonate der südlichen Halbkugel; aber ihre Wärme ist unter gleichen Umständen bedeutend geringer, ja die Kälte ist oft so furchtbar, daß im Feuerlande unter dem 54sten Grade südlicher Breite im Januar, also mitten im Sommer, Menschen erfroren sind.

In allen von der Bewegung der Erde abhängenden Erscheinungen sind unsre Antipoden oder Gegenfüßler am meisten von uns verschieden. Sie sind an dem Ort der Erdoberfläche, den eine von unserem Standpunkte durch den Mittelpunkt der Erde gezogene Linie erreicht, eben so weit südlich vom Aequator, als wir nördlich, und in der Länge um 180° von

uns verschieden, also am entferntesten Punkte der Erde. Es ist dort Mitternacht, wenn wir Mittag, und Sommer, wenn wir Winter haben. Er ist für uns im Großen Ocean, in der Nähe von Neuseeland. Die Periöken oder Nebenwohner wohnen zwar in derselben Halbkugel, aber unter entgegengesetzten Mittagskreisen; ihre Jahrszeiten sind dieselben, aber die Tageszeiten verschieden. Das Entgegengesetzte findet bei den Antöken oder Gegenwohnern statt. Sie wohnen unter demselben Meridian, aber in verschiedenen Halbkugeln; ihre Jahreszeiten sind einander entgegengesetzt, aber ihre Tageszeiten gleich. Jene sind für uns nahe der Nordwestküste Amerika's, diese in der Nähe des Vorgebirges der Guten Hoffnung.

Dieß wären die vorzüglichsten Resultate der beiden Hauptbewegungen; jetzt wollen wir noch einiges den verschiedenen Bewegungen Eigenthümliche anführen.

1. Die Achsendrehung der Erde. Jeder Punkt des Aequators, wo sie am raschesten ist, beschreibt in 23 St. 56 Min. 4,1 Sek. 5400 Meilen, oder in der Sekunde 1428 par. Fuß. Die Geschwindigkeit der übrigen Theile der Oberfläche nimmt in demselben Verhältnisse ab, wie die Parallelkreise (S. 108); am Pol ist die Bewegung $= 0$. Die Achsendrehung bringt den Wechsel von Tag und Nacht und den Auf- und Untergang aller Himmelskörper hervor.

2. Die Bewegung der Erde um die Sonne. Alle Theile der Erdkugel haben eine gemeinschaftliche Bewegung um die Sonne, in einer Ellipse, deren halbe große Achse 20,667,000 Meilen ist; der Unterschied der Sonnennähe und Sonnenferne, oder die Excentricität, beträgt 694,000 Meilen; die Umlaufszeit etwa $365\frac{1}{4}$ Tage, also täglich 350,000 Meilen, in der Minute 240 und in der Sekunde 4 Meilen.

Durch die Excentricität der Ellipse ist die Entfernung der Erde von der Sonne, und ihre Geschwindigkeit, großen Veränderungen unterworfen; ihre Werthe sind deshalb in folgenden Tabellen für alle Monate im Jahre zusammengestellt. Die Zahlen bleiben unverändert, man mag die scheinbare Bewegung der Sonne von der Erde aus, oder die Bewegung der letztern von der Sonne aus betrachten.

Tab. 1. Die Bogen, welche die Sonne an dem ersten Tage jedes Monats auf ihrer jährlichen Bahn zurücklegt, und ihre Entfernungen, die mittlere Entfernung von der Erde als Einheit genommen.

Monat.	Bogen.	Entf.	Monat.	Bogen.	Entf.
Januar	61′ 10″	0,983	Juli	57′ 13″	1,017
Februar	60 51	0,986	August	57 28	1,014
März	60 05	0,992	Septb.	58 10	1,008
April	59 03	1,000	Oktbr.	59 07	1,000
Mai	58 06	1,008	Novbr.	60 10	0,991
Juni	57 26	1,015	Decbr.	60 56	0,986

Die Größe der Bogen nimmt zu, wenn die Entfernungen abnehmen. Dieses würde auch statt finden, wenn die Bewegung gleichförmig wäre. Vermöge des zweiten Keplerschen Gesetzes sind die Veränderungen der Bogen viel bedeutender, als die der Entfernungen, weil nicht nur die scheinbare, sondern auch die wirkliche Geschwindigkeit zunimmt, je näher die Erde der Sonne kommt.

Tab. 2. Gerade Aufsteigung der Sonne im Mittage der folgenden Tage:

Jan.	1	282°	Febr.	20	334°	April	11	20°
	11	293	März	2	343		21	29
	21	304		12	353	Mai	1	39
	31	314		22	2		11	48
Febr.	10	324	April	1	11		21	58

Mai	31	68°	Aug.	19	148°	Novbr.	7	223°
Juni	10	79		29	158		17	233
	20	89	Sept.	8	167		27	243
	30	99		18	176	Decbr.	7	254
Juli	10	110		28	185		17	265
	20	120	Oktob.	8	194		27	267
	30	130		18	203			
Aug.	9	139		28	213			

Innerhalb zehn Tagen beträgt der Unterschied 9° — 11°, das letztere im December und Januar, wo die Sonne sowohl ihrer größern Nähe, als auch ihrer größeren Abweichung willen, schneller längs dem Aequator fortrückt. Im Juni und Juli dagegen bewegt sich die Sonne zwar wegen ihrer Entfernung langsamer, rückt aber wegen ihrer größeren Abweichung in der Richtung des Aequators schneller fort. Da beide Erscheinungen sich einander zum Theil aufheben, so sind die Sommermonate weniger von den übrigen verschieden, als die Wintermonate.

Die mittlere Geschwindigkeit, d. h. diejenige, welche die Sonne haben würde, wenn sie statt einer Ellipse in derselben Zeit einen Kreis gleichförmig durchliefe, ist 59′ 8⅓″; aber ihr wirklicher Ort weicht oft sehr von der Lage, die sie unter jenen Voraussetzungen haben würde, dem mittleren Orte ab. Den Bogen der Ekliptik, der zwischen den beiden Ständen der Sonne ist, nennt man die Gleichung des Mittelpunkts der Sonne.

Die Dauer eines Sonnentages ist die Zeit, die zwischen zwei oberen Durchgängen durch den Meridian oder zwischen zwei wahren Mittagen verfließt. Diese ist aber sehr verschieden; theils rührt dieß von der elliptischen, ungleichförmigen Bewegung der Sonne, theils aber von der Neigung der Bahn zum

Aequator her. Die Zeit nämlich, um welche der Sonnentag kleiner ist, als der Sternentag, hängt von dem Bogen ab, den die Sonne während eines Tages längs dem Aequator zurücklegt; dieser würde aber auch bei einer gleichförmigen Kreisbewegung in der Ekliptik ungleich bleiben, in den Sonnenwenden am größten sein, und in den Nachtgleichen am kleinsten. Die mittlere Geschwindigkeit von 59′ $8^1/_3$″ hat die Sonne nur am 11. Febr., 14. Mai, 26. Juli und 1. November, wo also der mittlere Sonnentag dem wahren gleich ist.

Der wahre Mittag, der uns durch die Sonnenuhren gezeigt wird, ist daher sehr verschieden von der Zeit, in welcher eine sich gleichförmig in dem Aequator bewegende Sonne durch den Meridian gehn würde; im Anfange Novembers ist der wahre Mittag 16′ 16″ früher, in der Mitte Februars 14′ 40″ später, in der Mitte des April und Juni und am Ende des August und December fallen beide Zeiten zusammen. Aber die kleine Ungewißheit, welche dadurch über die Zeit des wahren Mittags bleibt, ist zu unbedeutend gegen die Vortheile, die man aus einer gleichmäßigen Zeiteintheilung zieht, als daß man nicht im gewöhnlichen Leben den durch's ganze Jahr gleichförmigen Gang unsrer Feder- und Pendeluhren dem wahren aber ungleichförmigen Gange der Sonnenuhren vorziehn sollte.

3. Die Vorrückung der Nachtgleichen oder die Präcession. Durch die Wirkung der Sonne und des Mondes auf das Erdsphäroid, die bei einer vollkommnen Kugel nicht statt finden würde, erreicht die Erde jedes Jahr den Aequator etwas früher, so daß die Nachtgleichen etwas früher eintreten, oder die Aequinoktialpunkte auf der Ekliptik etwas nach Westen gerückt sind. Der Unterschied beträgt,

nach Gauß, jährlich einen Bogen von 50″,2, und in 25813,3 Jahren, oder in einer runden Zahl in 26000 Jahren vollenden die Aequinoktialpunkte einen Umlauf um die Ekliptik von Osten nach Westen, also der Richtung des Sonnenlaufs entgegen. Diesen großen, schon von Hipparch, wenn auch minder genau entdeckten Zeitraum nennt man das platonische Jahr.

Diese Bewegung ändert nichts in der Lage der Sterne zur Ekliptik, wol aber die Lage zum Himmelsäquator. Der ganze Sternenhimmel scheint sich nämlich von Westen nach Osten, also rechtgängig um den Aequator zu schieben, so daß er in etwa 72 Jahren 1° oder in 2151 Jahren 30 Grad oder ein Zeichen der Ekliptik zurücklegt, und diejenigen Sterne, welche jetzt in den Nachtgleichen liegen, vor etwa 2150 Jahren 30° östlicher lagen.

Zum Theil hängt die Erscheinung von einer Einwirkung der Planeten ab. Diese beträgt aber nur etwa ¼″, um welche die Präcession jetzt vermehrt und nach Jahrtausenden vermindert werden wird.

Es bedarf keiner weiteren Ausführung, daß die Vorrückung der Nachtgleichen nicht von einer Bewegung des Sternenhimmels um unsre Erde herrührt, sondern ihren Grund in einer Bewegung der Erde haben muß. Aus allen Erscheinungen folgt, daß die Erdachse nicht völlig unbeweglich ist, sondern sich, während sich die Erde um sich selbst und um die Sonne dreht, langsam um die Achse der Ekliptik bewegt, oder daß die Pole der Erde um die Pole der Ekliptik in 26000 Jahren von Osten nach Westen einen Kreis beschreiben.

Von vorzüglicher Wichtigkeit ist diese Erscheinung für die Dauer des Jahres. Aehnliche Gründe, wie diejenigen, welche für uns das gewöhnliche Leben statt des Sternentages den Sonnentag zum Maßstabe zu neh-

men bewogen haben, machen auch die Rückkehr der Sonne zur Nachtgleiche zu einer wichtigern Periode für uns, als ihre Rückkehr zu denselben Sternen, indem die Jahreszeiten und alle übrigen Wirkungen der Sonne auf die Erde von ihrer Lage zum Aequator abhängen. Man nennt die Zeit von einer Frühlingsnachtgleiche zur andren das tropische Jahr, im Gegensatz des siderischen, welches die Umlaufszeit der Sonne durch einen ganzen Kreis ist. Es ist kleiner als dieses und enthält nur 365 Tage 5 St. 48′ 49″. In dieser Zahl findet nur eine Ungewißheit zwischen 48″ und 51″6 statt. Alle unsre Monate und Feste beziehen sich auf das tropische Jahr, und die Nachtgleichen und Sonnenwenden fallen immer ungefähr auf denselben Tag des Jahrs wie vor 2000 Jahren, wogegen nach dem siderischen alle diese Erscheinungen jetzt einen Monat früher eintreten würden, und statt des Mai wäre der April der schönste Monat im Jahre.

Auf diesem Jahre beruht der Kalender aller gebildeten Völker, Anfangs hatten die Aegypter ein Jahr von 365 Tagen, und obgleich sie dessen Größe bald richtiger auf $365\frac{1}{4}$ Tage setzten, so behielten sie dennoch jenes bei, und ihre Monate und Feste durchwanderten daher das ganze Jahr. Nach 1460 Jahren war diese Wanderung vollendet und die früheren Verhältnisse kehrten zurück. Dieser deshalb für sie wichtige Zeitraum ist unter dem Namen der Sothischen Periode berühmt. Auch bei den Griechen und Römern wurde jene Jahresdauer zum Grunde gelegt, bis Julius Caesar mit Hilfe griechischer Astronomen den Kalender nach dem Jahre von $365\frac{1}{4}$ Tagen berechnete. Dieses ist der Julianische Kalender. Nach ihm rechneten alle europäischen Völker bis 1582, als Gregor XIII. in seinem verbes-

serten Gregorianischen Kalender das Jahr auf 365 T. 5 St. 49′30″ setzte. Cäsar hatte alle vier Jahre einen Schalttag angesetzt, Gregor warf ihn in 100 Jahren einmal aus, nahm ihn aber alle 400 Jahr wieder an, so daß in 400 Jahren 97 Schalttage sind. Der Unterschied, der sich seit Cäsars Zeiten auf 10 Tage gehäuft hatte, wurde ausgeworfen. Die katholischen Völker Europa's nahmen die neue Einrichtung sogleich an, die protestantischen folgten zu verschiedenen Zeiten; nur die Anhänger der griechisch-katholischen Religion, die Russen und Neugriechen, rechnen noch nach dem alten Stile. Der Unterschied beträgt jetzt 12 Tage, daher schreibt man den ersten Januar nach dem alten Stile, wenn wir nach dem Gregorianischen Kalender oder dem neuen Stile den 13. Januar schreiben. Noch genauer wird dieser werden, wenn man im 4000sten Jahre den Schalttag wieder auswirft.

4. Die Nutation oder das Schwanken der Erdachse. Der Einfluß der Sonne und des Mondes beschränkt sich nicht auf die gleichförmige Rotation der Erdachse um die Pole der Ekliptik, sondern durch die Aenderung der Lage der Mondbahn zur Ekliptik und zum Aequator entsteht ein periodisches Nähern und Entfernen der Pole der Erde und der Ekliptik. Bei genauerer Betrachtung zeigt es sich, daß die Erdpole, wenn man von der Vorrückung der Nachtgleichen absieht, in etwa 18 Jahren nach der Ordnung der Zeichen eine Ellipse beschreiben, deren großer Durchmesser sich im Kolur der Sonnenwenden (S. 59. 90.) befindet, und 19″3, der kleine Durchmesser 14″4 beträgt. Der Mittelpunkt der Ellipse ist in der durch die gleichförmige Präcession bestimmten Lage der Erdpole. Um den Winkel von 9″65 wird die Entfernung beider Pole, oder die Schiefe der Eklip-

tik vermehrt oder vermindert, und um 7″2 die viel bedeutendere Präcession beschleunigt oder verzögert. Die Erdachse hat daher eine sich sanft um die Pole der Ekliptik schlängelnde Bewegung.

Dit Nutation hat keine sichtbaren Wirkungen auf die Phänomene der Erdoberfläche und ist nur den Astronomen wichtig.

5. Die allmälige Verminderung der Schiefe der Ekliptik. Durch die Wirkung der Planeten auf die Erde ist der Winkel von 23½°, auch ohne die durch die Nutation hervorgebrachten Schwankungen, Veränderungen unterworfen, die seit 2000 Jahren beständig in seiner Abnahme bestehn. Seine Größe, die jetzt nach Bohnenberger 23° 27′ 52″ 9 ist, nimmt in 100 Jahren 45″0 ab, eine Abnahme, die, wenn sie in demselben Verhältnisse fortdauert, in 8000 Jahren 1° und in 188000 Jahren die 23½° betragen wird. Die dadurch auf der Erde hervorgebrachten Veränderungen müßten ungeheuer sein: die Sonne vollendete alsdann ihren jährlichen und täglichen Lauf im Aequator, in jedem Mittage hätten die Aequatorländer die versengende Sonne im Zenith, Tag und Nacht wären auf der Erde beständig gleich, und die angenehme Abwechselung der Jahreszeiten würde fehlen. Wie in der heißen Zone der Sommer, so würde in der gemäßigten ein beständiger Frühling herrschen, in der kalten die Sonne an keinem Tage ganz verschwinden, und an den Polen durch die Stralenbrechung niemals untergehn. Ob der Wechsel von Tag und Nacht hinreichend wäre jenen Wärmeunterschied zu erzeugen, der durch den Regen das Gedeihen der Pflanzen bedingt? — Vielleicht; denn auch im Frühling haben wir Regen und die heiße Zone hat an vielen Stellen mehrere Monate hindurch täglich ihre Gewitter und Regengüsse, welche der Achsendrehung we-

nigstens eben so sehr als dem Wechsel der Jahreszeiten ihr Dasein verdanken. Und dann hätte man in der gemäßigten Zone in der Wirklichkeit jenen ewigen Frühling, der bis jetzt nur in der Phantasie der Dichter lebt, bis sich die Ekliptik in ihrer langsamen Bewegung wieder vom Aequator entfernt. Nach neuen 188000 Jahren haben sich alle Erscheinungen wieder in den gegenwärtigen Zustand gesetzt, und wahrscheinlich tritt dann eine Veränderung nach der entgegengesetzten Seite ein, indem die Schiefe zunimmt. Etwa 600000 Jahre — die Länge der Zeit darf uns in Betrachtungen über die Bewegungen der Himmelskörper und die Veränderungen ihrer Oberfläche nicht irre machen — nachdem die Ekliptik den Aequator verlassen hat, steht sie darauf senkrecht; die Sonne bewegt sich in ihrer Bahn durch alle Parallelkreise, steht im Laufe des Jahres nach und nach auf allen senkrecht, und ist in den Sonnenwenden in dem Zenith der Pole. Die Wärme, die bei der gegenwärtigen Lage der beiden großen Himmelskreise auf die Aequatorgegenden zu freigebig gespendet wird, ist alsdann gleichförmiger über die ganze Erde verbreitet; das Eis wird an den Polen verschwinden, und der Winter, der dort nicht viel strenger werden kann, als er ist, es nicht wieder in der Menge hervorzubringen vermögen. Auch die gemäßigten Zonen, obgleich in eine mehrere Tage dauernde Nacht gehüllt, wenn die Sonne sich den Wintersonnenwenden nähert, könnte alsdann von dem reichen Vorrath von Wärme zehren, den ihnen der Sommer verliehen hat. Die rasche Bewegung der Sonne und ihr kurzes Verweilen an jedem Ort — in einem Monat beträgt die Aenderung ihrer Mittagshöhe 30° — verhindert ein sehr starkes Erwärmen des Bodens, so daß weder Kälte noch Wärme einen für die organischen Wesen gefähr-

lichen Grad erlangen möchten, obgleich die Temperaturwechsel viel bedeutender sein könnten als jetzt. Am meisten vielleicht möchte der Aequator gewinnen, der seinen ewigen Sommer gegen einen ewigen Frühling austauschen würde.

Aber diese Spiele der Phantasie zerschneidet die kalte Berechnung La Place's, daß die ganze Aenderung der Schiefe nur in einem Schwanken bestehe, dessen ganzer Umfang 1° 20′ betrage; ein Unterschied, der zu klein ist, um bedeutende Veränderungen hervorzubringen. Einen größeren Spielraum gibt uns Schubert. Nach ihm schwankt die Schiefe der Ekliptik zwischen 18° und 29°, und 65000 Jahre sei die Dauer dieser Oscillation, in deren Mitte wir uns ungefähr befinden; diese könnte wol einige Veränderungen in den Klimaten hervorbringen. Indeß beruhen jene Berechnungen nicht auf ganz sicheren Grundlagen, wie auch schon der Unterschied in dem Resultate jener beiden berühmten Astronomen beweist. Die Möglichkeit, daß die erwähnten Zustände eintreten, und ähnliche Erscheinungen der Planetenwelt werden unsre Abschweifung entschuldigen.

Durch die Aenderung der Schiefe der Ekliptik wird nur die Lage des genannten Kreises verändert, auf die Lage des Aequators zu den Sternen übt sie keinen Einfluß.

Eine Oscillation in beschränkten Grenzen, wie nach Schubert und La Place, und ein Wandern von Pol zu Pol sind jedoch nicht die einzigen möglichen Fälle. Vielleicht nähert sich die Ekliptik immer mehr und mehr dem Aequator oder einer andren Ebene, etwa dem Sonnenäquator, so daß nach einer langen Periode die Entfernung beider fast unendlich klein ist, auf eine ähnliche Weise wie sich die Arme der Hyperbel jenen beiden geraden Linien, den Asymptoten nä-

hern (S. 59). Dieses möchte indeß in den nächsten Jahrhunderten nur durch theoretische Gründe entschieden werden können, da die Bewegung so sehr langsam ist.

6. Die Bewegung der Apsidenlinie. Die Sonnennähe und Sonnenferne sind nicht immer in demselben Theile der Bahn, sondern rücken jährlich 11″8 in der Ekliptik vor. Die Zeit also bis die Erde wieder in die Sonnenferne kommt, oder das anomalistische Jahr, ist etwas größer als das Sternenjahr, und beträgt 365 T. 6 St. 13′. Während die Apsiden 11″8 (oder nach Schubert 15″4) vorrücken, gehn die Nachtgleichen 50″2 zurück, das Aphelium und Perihelium entfernt sich daher jährlich 62″0 mehr von den Nachtgleichen, oder ihre Länge nimmt so viel zu. Dieses beträgt in 58 Jahren 1°, und in 21000 Jahren vollenden die Apsiden ihre Wanderung durch alle Zeichen der Ekliptik.

Man möchte zwar diese Aenderung für kein gleichmäßiges Fortrücken halten, indem die Erde das Aphelium nur alle Jahr einmal erreicht und daher die 62″0 sprungweise zurückgelegt zu werden scheinen; dieses ist jedoch nicht der Fall. Die Lage der Ekliptik ändert sich gleichmäßig, und wenn man aus Beobachtungen der Sonne in irgend einem Theile ihrer Bahn das Aphelium berechnet, so wird sich dieses immer an einem Punkte der Ekliptik befinden, der zwischen dem vorhergehenden und dem folgenden Aphelium ist. Das hier Gesagte findet auch bei der Vorrückung der Nachtgleichen und vielen andren Bewegungen der Himmelskörper seine Anwendung.

Der Punkt der Sonnennähe ist jetzt 9° 51′ 46″ östlich von der Wintersonnenwende. In unsrem Winterhalbjahre hat daher die Erde ihre größte Nähe zur Sonne und ihre schnellste Bewegung denn beide

bedingen sich wechselseitig, nach dem zweiten Keplerschen Gesetze. Im Sommer der Südhalbkugel ist die Sonne der Erde näher, als im Winter, die Wärme daher etwas größer, aber sie entfernt sich auch schneller; im Sommer der Nordhalbkugel dagegen ist die Sonne zwar nicht ganz so nah, aber sie verweilt auch sieben Tage länger. Gewinn und Verlust an Wärme ersetzen sich wahrscheinlich; wenigstens kann die bedeutend geringere Wärme der Südhalbkugel (S. 144) nicht durch diesen geringen Unterschied verursacht werden. Die Dauer der Jahreszeiten ist jetzt bei uns:

der Frühling	92	Tage	21	St.	16 Min.
der Sommer	93	»	13	»	52 »
der Herbst	89	»	17	»	8 »
der Winter	89	»	1	»	31 »

Im Jahre 1248 war das Perihelium fast genau im Punkte der Wintersonnenwende, Herbst und Winter waren einander gleich und Frühling und Sommer ebenfalls; zwischen beiden Halbjahren betrug aber der Unterschied acht Tage. Im Jahr 6480 wird die Apsidenlinie mit der die Nachtgleichen verbindenden Linie zusammenfallen, und die vier Jahrszeiten werden einander gleich sein. Diesem Verhältnisse nähern wir uns also, wenn auch mit sehr langsamen Schritten.

Dieses sind die vorzüglichsten Bewegungen der Erde. Man nennt die kleinen, durch Einwirkung des Mondes, der Planeten und auch durch die verschiedene Lage der Sonne hervorgebrachten Veränderungen Störungen der Erdbewegungen; davon beziehen sich die Präcession und Nutation auf Aenderung der Lage des Aequators und der Achse, und die Aenderungen der Schiefe und der Apsidenlinie auf die Erdbahn. Es gibt noch mehrere andre kleine Veränderungen,

die aber zu unbedeutend und verwickelt sind, um hier eine Stelle finden zu können.

Alle Störungen in den Bewegungen der Erde und der andren Himmelskörper haben entweder eine deutliche Periode, wie die Nutation; oder sie haben keine, oder doch eine so lange, daß die Aenderung immer fortzuschreiten scheint. Diese werden Säkularbewegungen genannt, weil ihre Größe gewöhnlich nur durch hundertjährige Anhäufung merklich wird. Zu ihnen gehören die Bewegungen der Nachtgleichen und der Apsiden, die Aenderungen der Schiefe und die meisten kleinen nicht mit angeführten Störungen. Bei den Bestimmungen, die sich auf die Größe der mittleren Bewegungen beziehen, werden die periodischen Aenderungen nicht berücksichtigt, wol aber die säkularen; so daß z. B. in der mittleren Schiefe der Ekliptik, oder der Abweichung und geraden Aufsteigung der Sterne, die Nutation keine Aenderung hervorbringt, wol aber die allmälige Verminderung der Schiefe und die Präcession.

Daß die Bewegung der Erde ohne diese regelmäßigen Störungen auch noch durch zufällige Einflüsse von Himmelskörpern, etwa von Kometen, oder durch Erscheinungen in ihrem Innern, Aenderungen erlitten habe, ist zwar möglich, aber bis jetzt noch völlig unentschieden; es ist jedoch, wegen einiger seltsamen Phänomene an der Erdoberfläche, z. B. der tropischen Pflanzen und Thiere im Norden, der ungeheuren Wassermasse und der Gestalt der Kontinente in der Südhalbkugel, nicht ganz unwahrscheinlich.

Alle in diesem Abschnitte angeführten scheinbaren Bewegungen der Himmelskugel, woran also alle Sterne nach gewissen Gesetzen Theil nahmen, ließen sich durch Bewegungen der Erde erklären. Wie verwickelt müßten auch die Bewegungen jener zahllosen

ungleichförmig zerstreueten Körper sein, wenn die Erde in Ruhe wäre! Die Unwahrscheinlichkeit der letzten Annahme häuft sich dadurch immer mehr, und würde jeden Zweifel an der Bewegung der Erde, wenn noch Jemand Zweifel daran hegen könnte, verscheuchen. Denn leicht könnte die Lage der Erde um ein Weniges geändert werden, aber unmöglich alle verschiedenen Sterne auf so gleichförmige Weise.

Indeß gibt es noch eine Bewegung aller Himmelskörper, die zwar auch durch die Kreisbewegung der Erde veranlaßt wird, deren nächste Ursache aber in einer ganz andren Erscheinung, nämlich in der nicht augenblicklichen Fortpflanzung des Lichtes liegt. Es ist die Aberration.

Wenn sich ein Körper gegen uns bewegt, während wir in Ruhe sind, so werden wir den Einfluß desselben in der Richtung seiner Bewegung erleiden. Dieselbe Empfindung haben wir, wenn wir uns mit gleicher Geschwindigkeit und in der entgegengesetzten Richtung gegen ihn bewegen, während er in Ruhe ist. Sind dagegen sowohl wir, als der Körper in Bewegung, so erleiden wir denselben Einfluß, als wenn ihm, außer seiner eigenen Bewegung, auch die unsrige in entgegengesetzter Richtung beigelegt wäre. Bedeutet Fig. 11. AB die Geschwindigkeit und Richtung unsrer Bewegung und CB die des Körpers, so scheint es uns, als wären wir in Ruhe und der Körper habe die Bewegungen CB und BA, oder CA; oder da wir indeß bis B vorgerückt sind, die Richtung und Geschwindigkeit von DB. Je größer die Geschwindigkeit des andren Körpers ist, und je weniger seine Richtung von der unsrigen abweicht, desto kleiner ist der Unterschied der wahren und relativen Bewegung.

Das Licht eines Sterns bewegt sich mit einer

10000 mal größeren Geschwindigkeit, als die Erde; seine relative Bewegung ist daher nicht sehr von der wahren entfernt und die Ablenkung beträgt höchstens $20\frac{1}{4}''$. Aber in der Richtung, in welcher der Stral unser Auge zu treffen scheint, glauben wir den Körper zu erblicken, von dem er ausgeht; wir sehen diesen daher gewöhnlich nicht in der wahren Richtung, sondern in einer etwas nach der Seite, wohin wir uns bewegen, abgelenkten. Am größten sind die Ablenkungen, wenn die Richtung, in welcher wir die Sonne erblicken, senkrecht auf der Richtung der Erdbewegung ist, wie in den Konjunktionen und Oppositionen mit der Sonne. Man nennt diese Erscheinung die Aberration oder Abirrung des Lichts. Wenn wir von den übrigen Bewegungen der Sterne absehen, so scheinen uns diese einen Kreis zu beschreiben, der der Ekliptik parallel ist, und dessen Durchmesser $40\frac{1}{2}''$ beträgt; die Abweichungen der Erdbahn von dem Kreise sind in dieser Rücksicht unbedeutend. Die Länge des Sterns wird dadurch in den Konjunktionen mit der Sonne am kleinsten und in den Oppositionen am größten, in den Quadraturen findet keine Abirrung in der Länge statt; die Breite dagegen ist in der der ersten Quadratur (S. 98.) am kleinsten und in der zweiten am größten. Wir sehn jedoch nicht den Kreis selbst, sondern nur die Art, wie er sich an der Himmelskugel darstellt — seine Projektion —; er erscheint uns daher fast immer als Ellipse, deren größter Durchmesser mit der Linie, welche die Quadraturen verbindet, parallel ist, und also den Unterschied in der Länge anzeigt. Nur für einen Stern im Pole der Ekliptik sind beide Durchmesser einander gleich, wogegen ein Stern in der Ekliptik in einem Bogen von $40\frac{1}{2}''$ hin und her zu schwanken scheint.

Diese Ellipse zeigt sich natürlich nur bei den

Fixsternen deutlich; bei den beweglichen Sternen muß sie durch Rechnung von ihren übrigen Bewegungen getrennt werden. Am leichtesten ist dieses bei der Sonne; denn da wir uns im Kreise um sie bewegen, so beträgt die Aberration immer $20^1/_4''$, um welche die beobachtete Länge kleiner ist als die wahre. Tabellen erleichtern den Astronomen die Arbeit, aus der beobachteten Lage eines Sterns die wahre zu finden. Die Aberration ist nämlich für alle Sterne dieselbe, sowohl für die nächsten, als für die entferntesten; wir können daher mit vollem Rechte annehmen, daß die Geschwindigkeit des Lichtes für alle Himmelskörper gleich ist, und daß die Aberration nur von der Lage derselben abhängt.

Wir verdanken die Entdeckung, sowohl der Aberration, als der Nutation, dem englischen Astronomen Bradley. Er suchte den Winkel, um den die Richtung der Fixsterne sich durch die jährliche Bewegung der Erde ändern müsse, oder die Parallaxe, und fand sie zwar nicht, weil sie zu klein ist; aber er fand dafür in der Nutation eine schöne Bestätigung der Newtonschen Lehre, und in der Aberration einen direkten Beweis für die Erdbewegung.

Bei größerer Geschwindigkeit der Erde, also im Perihel, ist die Geschwindigkeit und die Aberration etwas größer, als im Aphelium, allein der Unterschied ist unbedeutend. Dasselbe findet bei der Achsendrehung der Erde statt, die noch 64 mal langsamer ist, als die jährliche Bewegung, daher selbst am Aequator, wo die Bewegung am schnellsten ist, die dadurch entstehende Aberration unmerklich, und in höheren Breiten noch unbedeutender ist.

Neunte Vorlesung.

Die Bewegungen der Planeten.

Wie die Erde haben wir auch die Planeten von zwei Seiten zu betrachten: erstlich ihre Stellung zu den übrigen Himmelskörpern, oder ihre Bewegungen, und zweitens ihre individuellen Eigenschaften, oder ihre Achsendrehung, ihre Größe, die Beschaffenheit ihrer Oberfläche u. dergl. Wir werden mit jenen beginnen, weil sie zuerst bekannt waren, und man nur mit ihrer Hülfe die übrigen Eigenschaften entdecken konnte.

Die Bewegungen der Planeten, die von der Erde aus gesehen, sehr zusammengesetzt sind, werden viel einfacher, wenn man sie von dem Mittelpunkte aller Bahnen, der Sonne, betrachtet. Auf diesen, den heliocentrischen Standpunkt beziehen sich die folgenden Tabellen.

Tab. 1. Entfernungen der Planeten von der Sonne, in deutschen Meilen, 15 auf einen Grad.

	kleinste	größte	mittlere
Merkur ☿	6,348,000	9,653,000	8,000,000
Venus ♀	14,846,000	15,052,000	14,949,000
Erde ♁	20,320,000	21,014,000	20,667,000
Mars ♂	28,554,000	34,425,000	31,490,000
Vesta ⚶	44,477,000	53,160,000	48,818,000

		kleinste	größte	mittlere
Juno	⚳	41,129,000	69,212,000	55,171,000
Ceres	⚳	52,695,000	61,685,000	57,190,000
Pallas	⚴	43,209,000	71,211,000	57,212,000
Jupiter	♃	102,313,000	112,669,000	107,491,000
Saturn	♄	186,044,000	208,188,000	197,115,000
Uranus	♅	377,952,000	414,957,000	396,455,000

Tab. 2. Mittlere Entfernung der Planeten von der Sonne, die mittlere Entfernung der Erde = 1 gesetzt, die Excentricität und das Verhältniß der kleinsten zur größten Entfernung.

	Entfernung.	Excentricität.	Verhältn.
Merkur	0,3871	0,2056	2 : 3
Venus	0,7233	0,0069	75 : 76
Erde	1,0000	0,0168	29 : 30
Mars	1,5237	0,0932	4 : 5
Vesta	2,3622	0,0889	5 : 6
Juno	2,6700	0,2545	4 : 7
Ceres	2,7672	0,0785	6 : 7
Pallas	2,7683	0,2447	11 : 18
Jupiter	5,2012	0,0482	10 : 11
Saturn	9,5378	0,0562	19 : 21
Uranus	19,1832	0,0467	10 : 11

Tab. 3. Siderische Umlaufszeit, die Anzahl der in einer Sekunde zurückgelegten deutschen Meilen, des in einem Monat durchlaufenen Bogens der Planetenbahn, und die größte Mittelpunktsgleichung.

	Umlaufszeit.	Geschw. in 1″ Bog.	in 1 M.	Mittelp. Gl.
☿	87 T. 969	6,5 M.	124° 5	23°41″
♀	224 » 701	4,9 »	48, 7	0 47
♁	365 » 256	4,1 »	30, 0	1 55
♂	686 » 980	3,3 »	15, 87	10 42

	Umlaufszeit.	Geschw. in 1″ Bog.	in 1 M.	Mittelp. Gl.
☿	1326 T. 063	2,7 M.	8, 25	10 11
⚳	1589 » 484	2,6 »	6, 88	29 30
♃	1681 » 401	2,5 »	6, 53	9 0
♀	1682 » 545	2,5 »	6, 53	28 14
♄	4332 » 606	1,8 »	2, 53	5 31
♄	10758 » 970	1,3 »	1, 02	6 26
⚴	30688 » 714	0,9 »	0, 36	5 21

Tab. 4. Lage der Planetenellipsen für das J. 1810.

	Neigung zur Ekliptik.			Länge des aufst. Knotens			Länge des Apheliums.		Neigung zum Sonnenäq.	
☿	7°	0′	0″	46°	4′	1″	254°	30′	2°	54
♀	3	23	29	74	57	18	303	44	4	9
♁	0	0	0	0	0	0	279	39	7	30
♂	1	51	5	48	3	48	152	34	5	50
☋	7	7	55	103	10	12	70	19	4	28
⚳	13	4	27	171	9	50	233	16	16	28
♃	34	37	28	80	56	55	326	44	3	43
♀	10	37	30	172	33	54	301	22	37	8
♄	1	18	52	98	30	4	191	18	6	24
♄	2	29	38	112	1	55	269	15	5	57
⚴	0	46	26	72	53	35	347	30	6	44

Die erste Tabelle enthält die auf die Entfernungen sich beziehenden Werthe, so daß der mittlere Werth gleich weit von dem größten und dem kleinsten ist (S. 131). Die Zunahme in der Geschwindigkeit ist sehr rasch, da der folgende Planet immer fast doppelt so weit entfernt ist (S. 64). Nur die vier kleinen Planeten machen eine Ausnahme, indem ihre mittleren Entfernungen fast einander gleich sind, ihre Bahnen aber sich so oft durchkreuzen, daß diese Planeten im Laufe der Zeit an einander stoßen können, und es vielleicht auch müssen, so daß, wenn sie von

vernünftigen Wesen bewohnt sind, diese das Jahr und den Tag ihres Unterganges voraussehn können. Betrachtet man dagegen diese vier Planeten als einen, so würde dieser sehr gut in die Reihe der übrigen passen.

In der zweiten Tabelle ist die Excentricität von bedeutender Wichtigkeit. Sie ist das Verhältniß der größten oder kleinsten Entfernung zur mittleren. Bei Venus ist sie am kleinsten, indem ihre Bahn dem Kreise am nächsten kommt, wogegen die Bahnen der Juno und Pallas am meisten in die Länge gezogen, am excentrischsten sind. Man kann alle Planeten nach der Excentricität ihrer Bahnen in folgende vier Gruppen theilen. Es sind von den excentrischsten Planeten angefangen: ⚳, ♀, ☿; ♂, ⚴, 4, ♄; 2, ⚵; ☉, ☽. Die Bahn unsrer Erde ist daher, nächst der der Venus, die kreisförmigste. Die dritte Rubrik gibt das Verhältniß der kleinsten zur größten Entfernung in ganzen Zahlen an.

Dem zweiten und dritten Keplerschen Gesetze (S. 58.) gehorchen die Zahlen der dritten Tabelle; die erste Kolumne dem Gesetze, daß die Quadrate der Umlaufszeiten sich wie die Würfel der mittleren Entfernungen verhalten. Berechnet man den Umfang der von den Planeten durchlaufenen Ellipsen in deutschen Meilen und dividirt darein mit den in Sekunden verwandelten Zahlen der ersten Kolumne, so erhält man die Zahlen der zweiten. Die dritte drückt die Bogen aus, die von den Planeten heliocentrisch durchlaufen werden; man findet die Zahlen sehr leicht durch das Verhältniß: so wie die Umlaufszeit sich zum zwölften Theil des siderischen Jahres verhält, so verhalten sich 360 Grade zu dem in einem Monat durchlaufenen heliocentrischen Bogen. Z. B. beim Merkur

$\frac{88 : 365^1/_4}{12} = 360° : — 124° 8.$ Er nimmt in dem=selben Verhältnisse ab, wie die Umlaufszeit zunimmt. Bei der Erde beträgt er gerade 30° oder ein Zeichen, oder täglich etwa 1°; bei dem Merkur sind es täglich über 4°, bei dem Uranus fast 43 Sekunden, ein noch immer sehr merklicher Fortschritt, der seine Entdeckung und die Kenntniß seiner Bewegungen beschleunigt hat. Die letzte Rubrik endlich enthält den größten Bogen, um welchen ein sich gleichförmig im Kreise bewegender Planet von dem wahren Orte desselben abstehn würde Er wird nach dem zweiten Keplerschen Gesetze berechnet.

Alle diese Angaben beschränken sich bloß auf die Beschaffenheit der einzelnen Planetenellipsen; die vierte Tabelle dagegen bestimmt die Lage der Planetenbahnen gegen einander. Es ist natürlich, daß man dabei größtentheils von der Erdbahn ausgegangen ist. Durch die Neigung der Bahnen zu ihr, durch die Lage des Punktes, wo der Planet sich aus der südlichen nach der nördlichen Seite der Ekliptik begibt — des aufsteigenden Knoten, ☊ (S. 97) — und die Länge des Apheliums werden alle hierauf sich beziehenden Fragen beantwortet. Die Neigung steigt nach folgender Ordnung: ☉, ☿, ♂, ♄, ♀, ☽, ☋, ♅, ♃.

Die vierte Rubrik verdient hier einen Platz, weil die Lage der Planetenbahnen zu einer festen Ebene auf der Sonne von größerer Wichtigkeit ist, als die Lage zu einem Planeten, dessen einziger Vorzug darin besteht, daß wir darauf wohnen. Von dem Sonnenäquator werden wir in der Folge reden. In der Neigung zu ihm ist die Lage der Mittelplaneten weniger abweichend. Die Reihefolge ist: ☿, ♃, ♀,

☖, ♂, ♄, 24, ♁, ♃, ⚳, ♀. Die Erde gehört also zu den am meisten geneigten Planeten. Uebrigens findet in der Lage des Sonnenäquators eine Ungewißheit von mehreren Minuten statt.

Von den in diesen Tabellen enthaltenen Größen sind die mittleren Entfernungen und Umlaufszeiten keinen oder fast keinen Veränderungen unterworfen; im übrigen aber erleiden die Planeten ähnliche Aenderungen wie die Erde. Die Länge der Aphelien und Knoten ändert sich beständig, theils durch eine fortschreitende Säkularbewegung, theils durch ein Hin- und Herschwanken um einen mittleren Werth. Indeß muß man hiervon eine scheinbare Aenderung in der Länge der Knoten und Aphelien ausnehmen, welche durch das Fortrücken der Nachtgleichen auf der Erde verursacht wird. Die Zeit, bis ein Planet wieder auf denselben Längegrad kommt — der tropische oder periodische Umlauf — ist daher verschieden von der heliocentrischen Rückkehr zu denselben Sternen, dem siderischen Umlaufe, der länger dauert als jener.

Eben so verhält es sich mit den Veränderungen in der Neigung der Ebenen der Planetenbahnen auf unsre Ekliptik; sie rühren theils von einer Aenderung in der Lage der Ekliptik, theils in der der Planetenbahnen her. Indeß sind diese Untersuchungen zu verwickelt für unsren Zweck, und wir gehn deshalb zu den geocentrischen Bewegungen der Planeten über.

Diese sind weit weniger einfach, als die heliocentrischen. Selbst wenn wir die wirklichen Bewegungen der Planeten aus einem unbeweglichen Standpunkte betrachteten, würden sie uns schon ziemlich unregelmäßig erscheinen, aber indem wir durch eine Täuschung der Sinne die Bewegung der Erde

auf die Planeten übertragen, bringen wir den unregelmäßigen Wechsel von direkter und indirekter (S. 97.), rascher und langsamer Bewegung hervor.

Die Planeten zerfallen geocentrisch in zwei an Ausdehnung und Eigenschaften sehr ungleiche Abtheilungen, nämlich die Planeten, denen die Sonne näher ist, als die Erde, oder die unteren Planeten, und diejenigen von denen sie weiter entfernt ist, oder die oberen Planeten. Zu jenen gehören bloß Venus und Merkur, deren Erscheinungen wir jetzt genauer beleuchten wollen.

S (Fig. 12) sei die Sonne, um welche der Planet in der Richtung A B C D seine Bahn durchläuft, E die Erde; die Bahn wollen wir vorläufig kreisförmig und in der Ebene der Ekliptik annehmen, so daß die Erde in der Ebene der Planetenbahn ist, so wird jede Lage des Planeten zur Erde und Sonne durch irgend einen Punkt des Kreises A B C D bezeichnet werden können. Am entferntesten ist der Planet von uns, wenn er sich in A — der oberen Konjunktion — und am nächsten, wenn er in C — der unteren Konjunktion — befindet, wo er um den ganzen Durchmesser seiner Bahn der Erde näher ist; in beiden Fällen aber werden wir ihn fast nie sehen können, weil er von den Stralen der Sonne verdunkelt wird. Seine Entfernung von der Sonne bleibt zwar immer gleich groß, aber der Winkel, unter welchem sich uns die Linie von der Sonne zum Planeten — der Radius Vektor — darstellt, d. h. die scheinbare Entfernung des Planeten von der Sonne oder seine Elongation, ist sehr veränderlich. In den Konjunktionen scheinen der Planet und die Sonne fast auf einer geraden Linie zu sein, aber sobald der Planet, nachdem er uns einige Zeit nach seinem obe-

ren Konjunktion A unsichtbar gewesen war, in der Abenddämmerung wieder sichtbar wird, entfernt er sich immer mehr nach Osten, anfangs rasch, nachher langsamer, bis er in B, wo seine Bahn durch eine von der Erde aus nach ihr gezogenen Linie berührt wird, seine größte Entfernung von der Sonne erreicht hat. Hier scheint er einen Augenblick zu ruhen, weil die Richtung seiner Bahn in der Linie B E selbst ist; er wendet sich aber bald nach Westen, seine Bewegung wird also indirekt, er nähert sich wieder der Sonne, bis er sich in die Stralen derselben taucht, wenn er in der Nähe von C, der unteren Konjunktion, angelangt ist. Nach einiger Zeit wird er in der Morgendämmerung wieder sichtbar, er setzt auf der westlichen Seite der Sonne seine Bewegung fort, die wegen ihrer Richtung und der Nähe des Planeten anfangs sehr rasch ist, aber abnimmt, bis er in D auf der Westseite seine größte Elongation erreicht hat. Seine Bewegung, von der er in D einen Augenblick zu ruhen schien, wird wieder rechtgängig und schneller, bis er sich in der Nähe von A, der obern Konjunktion, des Morgens in die Sonnenstralen taucht. Die obere Konjunktion ist also der Punkt der raschesten direkten Bewegung, die untre Konjunktion die rascheste indirekte; da wo beide Bewegungen an einander grenzen, in B und D, in der Nähe der Quadraturen (S. 98.), scheint der Planet zu ruhen.

Mit der Veränderung der Entfernung des Planeten von der Erde wechselt auch sein scheinbarer Durchmesser. Dieser ist in C viel bedeutender als in A, ja bei der Venus sieben mal so groß. Seine mittlere Entfernung ist $\frac{EC + EA}{2} = ES$, also für alle un-

tern Planeten so groß wie die Entfernung der Sonne von uns: diese Größe hat daher keinen Werth für die Bestimmung der Planetenbahnen.

Als dunkle Körper empfangen die Planeten ihr Licht von der Sonne, diese aber erleuchtet, trotz ihres großen Umfangs, nur wenig mehr als eine Halbkugel. Von der Erde aus sieht man ebenfalls nur eine Halbkugel, oder nicht viel weniger, uns ist also nur der Theil des Planeten sichtbar, der sowohl uns als der Sonne zugekehrt ist. Der Radius Vektor von der Sonne nach dem Planeten steht auf der Mitte von dessen erleuchteter Hälfte, die Gesichtslinie von der Erde dahin auf der Mitte der uns zugekehrten Hälfte; je kleiner der Winkel ist, den beide Linien mit einander machen, desto mehr fallen beide Hälften zusammen, und desto größer ist der uns sichtbare Theil des Planeten. In der oberen Konjunktion, wo der Winkel beider Linien = 0 ist, wäre uns daher die ganze Scheibe sichtbar, wie beim Vollmonde, wenn sie uns nicht durch den Sonnenglanz verdunkelt würde; jemehr der Planet von A entfernt ist, desto weiter stehn beide Linien auseinander, bis sie in B und D einen rechten Winkel mit einander machen. Hier ist daher gerade die Hälfte der Planetenscheibe erleuchtet, wie im Halbmonde. In dem Bogen BCD ist der uns erleuchtete Theil sichelförmig, und um so kleiner, je näher er der unteren Konjunktion ist, wo der Radius Vektor und die Gesichtslinie 180° mit einander machen und uns, wie beim Neumonde, kein Theil der erleuchteten Scheibe zugekehrt ist. Diese Lichterscheinungen oder Phasen sind auf der östlichen wie auf der westlichen Seite der Sonne, der immer die erhabenste Seite der Planetensichel zugekehrt ist. Indeß ist diese wegen der Irradiation (S. 128), nur durch Fernröhre deutlich zu erkennen;

dem bloßen Auge erscheinen die Planeten fast immer kreisförmig.

Um die Größe des erleuchteten Theils auszudrücken, theilt man den Durchmesser des Planeten in 12 Theile oder Zolle, und sagt nun der Stern sei 1 Z, 2 Z, 3 Z ꝛc., erleuchtet. Dieses bezieht sich nur auf das Verhältniß des erleuchteten und dunklen Theils der uns zugekehrten Scheibe, denn in A ist diese wohl 50 mal kleiner als in C, wo sie am nächsten ist. In der Nähe der oberen Konjunktion ist sie hell aber klein; in der Nähe der untern dunkler, aber groß; in den größten Elongationen B, D dagegen sowohl an Größe als an Beleuchtung die Mitte haltend, aber eben darum an Glanz beinahe am stärksten. Hierzu trägt noch der Umstand bei, daß in der Nähe von A und C die scheinbar nahe Sonne den Planeten durch ihren Glanz verdunkelt, welches in den größten Elongationen am wenigsten statt findet.

Bisher haben wir bloß auf die Kreisbewegung des Planeten Rücksicht genommen. Aber auch die Erde bewegt sich, und unsrer Gewohnheit gemäß tragen wir ihre Bewegung in entgegengesetzter Richtung auf die Sonne und die Planeten über. Die Sonne ist immer rechtgängig, sie bewegt sich immer nach Osten, und der Planet, in welcher Lage er sich befinde, bewegt sich nach derselben Richtung. In A wird dadurch seine Geschwindigkeit vermehrt und in B, wo er durch die Richtung seiner eigenen Bewegung einen Augenblick zu ruhen scheint, setzt er seinen direkten Lauf noch fort, bis späterhin, nach einem Ruhepunkte, die indirekte Bewegung eintritt und über C fortdauert. Ehe der Planet D erreicht, ist die rechtgängige Bewegung wieder eingetreten, so daß sie bei beiden Elongationen und der oberen Konjunktion statt findet. Nur in der unteren Konjunktion bleibt die

rückgängige Bewegung, weil der nähere und raschere Planet der Erde voreilt und sich daher in der Richtung BCD, d. h. nach Westen zu bewegen scheint.

So lange der Planet sich auf der Westseite der Sonne in dem Halbkreise ABC befindet, erscheint er des Morgens und ist Morgenstern (S. 98.); im Halbkreise ADC ist er des Abends sichtbar und heißt Abendstern. Die Grenzen beider Zustände sind die Konjunktionen.

Wenn die Erde genau in der Ebene der Planetenbahnen wäre, so würde in der oberen Konjunktion der Planet jedesmal durch die Sonne, und in der unteren diese durch jenen bedeckt werden. Jenes ist von keiner Wichtigkeit, weil der Stern alsdann ohnedieß unsichtbar ist; desto merkwürdiger sind aber die letzteren Erscheinungen durch ihre Seltenheit und ihre Wichtigkeit für die Astronomie. Sie bringen keine Verfinsterung der Sonne hervor — denn der Schattenkegel, den die große Sonne hinter den viel kleineren Planeten bildet, erreicht im ganzen Sonnensystem nie den entfernteren Planeten —: sondern Venus oder Merkur ziehen als kleiner runder Fleck durch die Sonnenscheibe, und zwar von Osten nach Westen, weil diese Erscheinungen nur in den unteren Konjunktionen eintreten können. Man nennt sie die Durchgänge der Venus oder des Merkur vor der Sonne, oder die Bedeckungen der Sonne durch einen der unteren Planeten. Sie sind den Alten wegen ihrer geringen Größe und Seltenheit unbekannt geblieben, bis Kepler sie aus seinen Tafeln voraus berechnete.

Indeß sind die Umstände nur selten diesen Erscheinungen günstig, indem nicht nur die Länge, sondern auch die Breite der Sonne und des Planeten

fast ganz dieselbe sein müssen, welches wegen der Neigung der Sonnen- und Planetenbahnen nur in einer sehr geringen Anzahl von Konjunktionen der Fall ist. Auch die übrigen Erscheinungen treten wegen der Neigung und der Excentricität der Bahnen weit minder regelmäßig ein, als wir es bisher angenommen haben. Die Größe der Bogen, in welchen sich die Planeten rechtgängig und rückgängig bewegen, sich der Sonne nähern und von ihr entfernen, hängen daher von den Elementen der Bahnen der Erde und der Planeten ab.

Merkur, derjenige der beiden unteren Planeten, welcher der Sonne am nächsten ist, wegen seiner geringen Größe und der Nähe zur Sonne erst lange nach der oberen Konjuktion zu erkennen, entfernt sich von der Sonne bis auf einen scheinbaren Abstand von 16° 12′ oder 28° 14′ — einen so bedeutenden Unterschied können die Unregelmäßigkeiten der Bahnen hervorbringen — im Durchschnitt bis auf 22° 30′. Weil die Sonne sich jetzt rascher als Merkur bewegt, so nähern sich beide wieder, obgleich sich dieser noch eine Zeitlang nach Osten fortbewegt; bei 18° Abstand von der Sonne geht ihr Merkur nach Westen entgegen, taucht sich des Abends bei C in ihre Stralen, und setzt dann seinen Weg auf der Westseite der Sonne fort, bis er, wenn er wieder etwa 18° von der Sonne entfernt ist, rechtgängig wird, also zwar der Sonne folgt, sich aber dennoch von ihr entfernt, und bald darauf seine größte Elongation von 22°30′ auf der Westseite erreicht. Nun nähert er sich mit immer zunehmender Geschwindigkeit, bis er sich in der oberen Konjunktion des Morgens in ihren Stralen verliert. Er durchläuft im Ganzen auf seiner rückgängigen Bewegung einen Bogen von 13° in etwa 23 Tagen. Sein ganzer synodischer Umlauf, d. h. die Zeit

bis er wieder dieselbe Lage zur Erde und Sonne einnimmt, schwankt zwischen 106 und 130 Tagen. Merkur muß nämlich, wenn er seinen siderischen Umlauf von 88 Tagen vollendet hat, der Sonne nacheilen, die indessen etwa 90° fortgerückt ist. Er holt sie im Durchschnitt nach 28 Tagen ein, nachdem er noch 114° zurückgelegt hat, also überhaupt 474°, denn 360°: 474° = 88 T.: 116 T. Er entfernt sich wol bis auf 7° von der Ekliptik, und steht daher in seinen unteren Konjunktionen gewöhnlich zu weit von der Sonne ab, um die Erscheinung eines Durchgangs zu gewähren. Diese ereignen sich in einem Jahrhundert ungefähr 14 mal; der letzte war den 5. März 1822, der nächste wird i. J. 1832 sein.

Der zweite uns viel näher kommende, weit wichtigere Planet ist Venus. Dieses durch Nähe und Größe alle andren an Glanz übertreffende Gestirn gewährt im Ganzen dieselben Erscheinungen wie Merkur, nur in größerem Maßstabe, auch weit regelmäßiger, weil seine Abweichung von der Kreisbahn und der Ebene der Ekliptik viel unbeträchtlicher ist. Ihre größte Elongation beträgt 45° — 47° 12′, der Bogen ihrer rückgängigen Bewegung ist zwischen 28° 48′ östlich und westlich von der unteren Konjunktion; die mittlere Größe derselben ist 16° 12′ und ihre mittlere Dauer 42 Tage. Man möchte glauben, daß dieser Bogen 2 mal 28° 48′ = 57° 36′ betragen müsse, aber da die Sonne in dieser Zeit 41° 24′ vorrückt, so bleiben dem Planeten nur noch 16° 12′. Den schönsten Anblick gewährt sie, wenn sie etwa 40° von der Sonne entfernt ist; ihr Glanz ist dann zuweilen so groß, daß man sie am hellen Tage erblicken kann, welches, wie jede andre seltene und auffallende Erscheinung, auf abergläubische Weise gedeutet worden ist. Sie ist fast niemals in der Mitternacht am

Himmel sichtbar, sondern entweder des Morgens oder des Abends, nachdem sie an der westlichen oder östlichen Seite der Sonne ist. In jenem Falle nennt man sie Morgenstern oder Lucifer, in diesem Abendstern oder Hesperus. Es dauerte lange, und setzte schon einen bedeutenden Fortschritt in der Beobachtung des Himmels voraus, bis man die Einheit beider Sterne erkannte.

Für die theoretische Astronomie äußerst wichtige Erscheinungen sind die Durchgänge der Venus vor der Sonnenscheibe. Durch sie wird nämlich die Parallaxe der Sonne bestimmt. Die Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne sind sehr genau bekannt; nach dem dritten Keplerschen Gesetze lassen sich daraus die Verhältnisse der Entfernungen berechnen und sehr genau in Theilen der Entfernung der Erde von der Sonne angeben, wie in Tab. 2. dieser Vorlesung (S. 162). Aber wie groß ist diese Entfernung? Die gewöhnliche Methode, die Entfernung von Oertern, zu denen man nicht gelangen kann, zu beobachten, welche in der Aufsuchung des Winkels besteht, unter dem eine ihrer Größe nach bekannte Grundlinie von dem entfernten Orte aus gesehen werden könnte, und die auch beim Monde angewendet wird, haben wir oben (S. 53) angegeben; aber selbst die größte Standlinie, die wir auf der Erde nehmen könnten, wird von der Sonne aus nur unter einem Winkel von wenigen Sekunden gesehen. Dennoch bleibt diese Beobachtung das einzige Mittel, und man konnte nur auf eine genauere Methode sinnen. Diese glaubte Halley in den Venusdurchgängen zu finden; denn der Unterschied der in verschiedenen Oertern beobachteten Zeit des Eintritts der Venus in die Sonnenscheibe, oder die Zeit, welche der Planet zu seinem Durchgange durch die Sonne gebraucht, ist ein sehr feines Maß,

sogar für den kleinen Bogen, den er indessen in seinem Umlaufe zurücklegt. Hieraus können alsdann die übrigen Größen berechnet werden. In den Jahren 1761 und 1769, wo diese Erscheinungen statt fanden, wurden sie in Otaheite, in Lappland und auf allen Sternwarten von 120 Astronomen beobachtet, und das Ergebniß von Enke's genauester Berechnung aller Angaben gab der Sonnenparallaxe, d. h. dem Winkel, unter welchem von der Sonne aus der Halbmesser der Erde gesehen werden würde, eine Größe von 8″55 und der mittleren Entfernung der Sonne 20,878,745 deutsche Meilen, eine Zahl welche auch unsren Tabellen zum Grunde liegt. Wie wichtig die genaue Bestimmung dieser Größe ist, kann man daraus ersehn, daß ein Unterschied von weniger als 0″01 in der Parallaxe, in der Entfernung der Sonne 21,737 deutsche Meilen betragen würde, beim Jupiter 113,000 und beim Saturn 414,000; aber die Ungewißheit erstreckt sich auf einige Zehntel Sekunden! — Die Durchgänge der Venus treten ungefähr alle 100 Jahre ein, wiederholen sich aber dann nach 8 Jahren wieder.

Die zweite und zahlreichere Abtheilung sind die oberen Planeten. Bei ihnen, wie bei den unteren Planeten sind zwei Bewegungen zu berücksichtigen erstens ihr eigener Kreislauf um die Sonne, und zweitens die durch die Bewegung der Erde hervorgebrachte Täuschung. Wir wollen zuerst die erste Bewegung betrachten und, wie oben, vorläufig annehmen, daß sie kreisförmig und in der Ebene der Ekliptik sei.

S und E (Fig. 13) seien Sonne und Erde ABCDA die Bahn des Planeten, so werden alle mögliche Lagen desselben zur Erde und Sonne durch irgend einen Punkt dieses Kreises angegeben werden können. Seine Bewegung, obgleich von verschiedene

Geschwindigkeit, ist überall nach der Ordnung der Zeichen am langsamsten in der Konjunktion A, am schnellsten in der Opposition C, die der unteren Konjunktion von Venus und Merkur ähnlich ist. Seine Entfernung ist in der Konjunktion am größten: sie ist die Summe der Entfernungen des Planeten und der Erde von der Sonne, wogegen sie in der Opposition nur dem Unterschiede dieser Größen gleich ist. Die mittlere Größe ist $\frac{EA + EC}{2} = \frac{AC}{2} =$ AS, also der Entfernung des Planeten von der Sonne gleich. Diese Werthe, die für alle nähern Planeten dieselben sind, haben also keine besondre Beziehung auf die Erde; auch die Größe ist in der Konjunktion am kleinsten und in der Opposition am größten. In diesen Rücksichten sind die untern den obern Planeten gleich, weichen aber in den Lichterscheinungen von ihnen ab. Diese finden nämlich bei den letzteren in weit geringerem Grade statt; die beiden Linien von der Sonne und der Erde nach den Planeten (S. 169) machen stets einen nur kleinen Winkel mit einander, und selbst wo er am größten *) ist, in den Quadraturen B und D, nimmt der erleuchtete Theil immer noch mehr als die Hälfte der Scheibe ein, die also nun etwas oval erscheint; bei den entfernteren Planeten ist kaum eine Abnahme der Scheibe zu bemerken. Von B zu C nimmt die Größe des erleuchteten Theils

---

*) Meine Leser müssen mir diese und einige andre Sätze auf mein Wort glauben, da mein Versprechen auf dem Titelblatte mich hindert irgend etwas Mathematisches einzumischen. Indeß wird der Beweis derselben dem auch nur der ersten Elemente der Geometrie Kundigen leicht werden.

wieder zu, so daß der Planet in der Opposition, wo sich alle Umstände vereinigen, um ihn mit der größten Pracht, die er erreichen kann, in der Mitternacht an unsrem Meridiane prangen zu lassen, die größte Nähe den größten Durchmesser hat, und die volle Scheibe zeigt.

Durch die auf den Planeten übertragene Bewegung der Erde wird dessen Geschwindigkeit in der Konjunktion am meisten vermehrt, aber auch in dem ganzen Bogen B A D ist die Bewegung des Planeten nach der Ordnung der Zeichen. In der Opposition dagegen bewegt sich der Planet nach E B, also der Ordnung der Zeichen entgegen, und da seine eigene direkte Bewegung wegen seiner größeren Entfernung geringer ist, als die der Erde, so behält die scheinbare indirekte Bewegung das Uebergewicht, und in der Nähe der Opposition verwandelt sich daher, nach einem augenblicklichen Ruhepunkte, die direkte in die indirekte Bewegung, und auf der westlichen Seite der Sonne C D A diese in jene. So verschieden also auch die Bewegung der unteren Planeten von der der oberen zu sein scheint, so sind sie doch in der That einander sehr ähnlich: in beiden hat der Planet in der Konjunktion bei seiner größten Entfernung auch die schnellste direkte Bewegung und bei der Opposition, oder was ihm bei den unteren Planeten entspricht, der unteren Konjunktion, ist die rückgängige Bewegung am raschesten. Diese erstreckt sich übrigens nur auf einen kleinen Bogen, so daß die größten Elongationen und die Quadraturen noch innerhalb der rechtgängigen Bewegung liegen. Dieses alles kann man sich schon aus der Betrachtung erklären, daß wir dieselben Erscheinungen den oberen Planeten zeigen, welche diese uns darbieten, und daß, wo ein Planet uns rechtgängig oder rückgängig zu gehen scheint, w i r i h m

eben so erscheinen würden. Auch bezieht sich alles, was wir von der scheinbaren Bewegung der oberen und unteren Planeten erwähnt haben, nicht bloß auf die Erde, sondern auf jeden Planeten des Sonnensystems in Rücksicht der Lage der übrigen Planeten gegen ihn.

Die Bewegungen der Planeten sind also im Ganzen ein Hin- und Herschlängeln, wovon die Hauptrichtung von Westen nach Osten ist, aber viel unregelmäßiger, als wir es bis jetzt beschrieben haben, indem wir sowohl die Sonne als die Planeten sich gleichförmig im Kreise und in der Ekliptik bewegen ließen. Nun sind aber die Ebenen der Bahnen mehr oder weniger abweichend, und die Excentricität und Ungleichförmigkeit können oft sehr bedeutende Unterschiede hervorbringen. Diese können jedoch genau angegeben werden, und indem man die beiden Bewegungen, die wahre und die durch die Erde hervorgebrachte, erst einzeln und dann in Verbindung berechnet, kann man den Stand der Planeten an der Himmelskugel zu jeder Zeit angeben.

Die Durchgänge, die bei der Venus so wichtig sind, können bei den oberen Planeten nicht statt finden, wol aber könnten wir ihnen die Sonne verdunkeln, wenn nicht die Größe der Sonne und die Entfernungen zu bedeutend wären. Oefter werden sie uns durch die Sonne bedeckt; es wird aber nicht wahrgenommen, weil auch ohne dieß die Planeten in den Konjunktionen durch den Sonnenglanz verdunkelt werden.

Alle oberen Planeten haben im Ganzen die eben entwickelten Bewegungen, und sind nur durch die Geschwindigkeit, die Dauer und Größe der rückgängigen Bewegung und durch die von der Excentricität bedingten Punkte unterschieden. So interessant auch

die Untersuchung der Einzelheiten der Bewegung der Knoten und der Aphelien u. a. m. ist, so werden wir uns doch im Folgenden nur sehr kurz fassen können.

Der nächste aller oberen Planeten ist Mars. Seine direkte Bewegung geht von der Konjunktion bis er sich 236°48′ von der Sonne entfernt hat; von hier aus bewegt er sich nach einem augenblicklichen Stillstande in 73 Tagen durch 16°12′ rückgängig. In der Mitte dieser rückgängigen Bewegung ist seine Opposition und bei 136°48′ westlicher Entfernung von der Sonne fängt er seine direkte Bewegung wieder an. In der Opposition ist sein Glanz und sein Durchmesser am größten, und wegen seiner Nähe konnte man seine Parallaxe ziemlich genau finden, und daraus die Entfernung der Sonne und der übrigen Planeten berechnen; dieses wird indeß jetzt viel genauer durch die Venus-Durchgänge bewirkt. Seinen größten Glanz hat Mars in der Opposition, wenn er zugleich in dem Perihelium ist; dieses seltne Ereigniß ist zuletzt im August 1719 eingetreten.

Die so merkwürdigen vier Mittelplaneten sind eine Entdeckung dieses Jahrhunderts. Den ersten Januar 1801 sah Piazzi zu Palermo einen kleinen Stern, den er anfangs für einen Kometen hielt, und als er bald darauf seine Natur erkannt hatte Ceres Ferdinandea, nach der Schutzgöttinn Siciliens und dem damaligen Könige von Neapel nannte. Nachdem das neue Jahrhundert sich den Wissenschaften durch eine so schöne Gabe empfohlen hatte, fand Olbers in Bremen, den 28. März 1802, indem er die Ceres beobachtete, die Pallas; den 5. September 1804 entdeckte Harding die Juno, und Olbers, den 28. März 1807, die Vesta. Diese Entdeckungen sind um so schätzenswerther, da man sie nicht bloß dem Zufalle, sondern z. Theil einer planmäßigen Untersuchung d. Thier-

kreises verdankt, weil der verhältnißmäßig weite Abstand des Mars vom Jupiter schon längst das Dasein eines Planeten in diesem Zwischenraume vermuthen ließ (S. 64).

Um die genaue Bestimmung der Bahnen dieser Gestirne hat sich vorzüglich Gauß großes Verdienst erworben, indem er das merkwürdige Resultat gefunden hat, daß die Bahnen aller vier Asteroiden, so verschieden auch ihre Neigung ist, sich in derselben geraden Linie schneiden. Hierdurch wird Olbers Vermuthung von dem Ursprunge dieser vier Körper wahrscheinlicher gemacht. Nach ihm verdanken sie nämlich ihr Dasein der Zertrümmerung eines größeren Planeten, wovon auch noch andre Trümmer umherschweben könnten. Diese Katastrophe hat sich nach seiner Schätzung etwa vor 6000 Jahren ereignet.

Nächst der Venus ist der durch seine Größe und seine Trabanten ausgezeichnete Jupiter der glänzendste aller Himmelskörper. Alle bisher genannten Planeten sind für ihn untere Planeten, die ihm wegen ihres geringen Abstandes von der Sonne größtentheils unsichtbar sind. Seine rückgängige Bewegung beginnt und endigt sich nach einem augenblicklichen Stillstande bei einer Entfernung von 115° 12′ von der Sonne. Er legt indessen in 121 Tagen 9° 5′ zurück.

Durch sieben Trabanten und einen ihn umgebenden Ring ist Saturn merkwürdig. Er bewegt sich so langsam, daß er, um ein Zeichen zurückzulegen, fast 2½ Jahr gebraucht. Seine rückgängige Bewegung beginnt und endigt bei 108° 54′ Abstand von der der Sonne. Er legt dabei 6° 18′ in 131 Tagen zurück.

Der letzte und wegen seiner großen Entfernung Uranus genannte Planet ist von Herschel, den

13ten März 1781, zu Bath entdeckt, und so die seit Jahrtausenden bestandene Anzahl von Planeten vermehrt. Er war schon früher von Flamsteed, Mayer und Andren gesehn und für einen Fixstern gehalten worden; Herschel hielt ihn anfangs für einen Kometen, nachher, als seine planetarische Bahn erkannt war, wurde er von ihm Georgium Sidus, nach dem Namen des englischen Königes, und von den Franzosen Herschel benannt. Bode schlug den passenden Namen Uranus vor, als Vater des Saturn und Großvater des Jupiter. Dieser Name ist jetzt fast allgemein angenommen, nur zuweilen nennen ihn die Engländer noch Georgian. Sein Zeichen ist auch wol ♅. Er ist, wie Saturn, durch Trabanten und Ringe ausgezeichnet. Seine rückgängige Bewegung beginnt bei 115° Entfernung von der Sonne, und er beschreibt in 151 Tagen 4°. Er gebraucht sieben Jahre um ein Zeichen am Himmel zurückzulegen. Sehr merkwürdig ist die Lage seiner Ringe und Trabanten, die Bahn der letztern ist sogar rückgängig.

Die Lage der Planeten zur Erde und gegen einander spielte sonst in der Astrologie eine sehr wichtige Rolle; vorzüglich einflußreich hielt man die Zeit wenn zwei Planeten an dem entgegenstehenden, oder an demselben Theile des Himmels waren, ihre Oppositionen und Konjunktionen. Durch die entgegengesetzt oder vereinigt wirkenden Mächte — denn Mars oder Venus stehn in ihren nachtheiligen oder wohlthätigen Einflüssen den gleichnamigen Göttern keinesweges nach — entstanden die gewaltigen politischen und physischen Katastrophen. Indeß ist dieser Aberglaube, von dem selbst ein Tycho nicht frei war, durch die Fortschritte der Philosophie und der Astronomie gänzlich zerstört. Doch nein! ein berühmter deutscher Schriftsteller und Lehrer an einer Universität, hat die

Entdeckung gemacht, daß eine Konjunktion des Jupiter und Saturn und Napoleons Tod in einem Jahre sich ereignet haben. Schade, daß die Jahre 1793 und 1813 — 14 nicht durch ähnliche große astronomische Ereignisse bezeichnet sind, wir würden uns vielleicht durch den Glauben an Astrologie eben so sehr dem Mittelalter nähern, als wir es in andren Rücksichten versucht haben.

Tab. 5. Größte und kleinste Entfernung der Planeten von der Erde in deutschen Meilen; kleinster und größter scheinbarer Durchmesser; synodischer Umlauf.

	Entfernung.		Scheinb. Größe.		synodischer Umlauf.		
	größte	kleinste	kleinste	größte			
Merkur ☿	30,981,072	10,776,418	4, 0	11″ 6	115 T.	21 St.	3′ 34″
Venus ♀	36,435,294	5,822,196	9, 5	65, 5	583 »	22 »	6 56
Mars ♂	56,007,691	7,617,893	2, 9	21, 2	779 »	22 »	28 33
Vesta ⚶	74,934,827	23,703,273	0,16	0,51	504 »	9 »	13
Juno ⚵	90,865,160	20,342,840	0,70	3,13	474 »	0 »	43
Ceres ⚳	83,547,399	32,005,801	0,70	2,20	466 »	14 »	59
Pallas ⚴	93,172,840	22,422,820	0,01	4,19	466 »	17 »	59
Jupiter ♃	135,055,001	82,132,461	31, 5	51, 9	398 »	21 »	12 29
Saturn ♄	231,552,219	166,722,981	14, 6	20, 2	378 »	2 »	12 55
Uranus ♅	440,442,327	360,598,933	3, 4	4, 2	369 »	15 »	44 41
Sonne ☉	21,229,397	20,528,093	1890, 6	1955, 2			
Mond ☽	55,265	48,422	1762, 0	2011, 0			

Die erste Kolumne enthält die sehr selten oder eigentlich nie eintretenden Fälle, wo in der oberen Konjunktion der unteren Planeten und in der Konjunktion der übrigen die Erde und der Planet in der Sonnenferne sind; die zweite Kolumne die eben so seltenen Fälle, wo in den Oppositionen der Planet in der Sonnennähe und die Erde in der Sonnenferne ist, oder in den unteren Konjunktionen das Entgegengesetzte; zugleich müssen aber auch die Erde, der Planet und die Sonne auf einer geraden Linie sein. Nach diesen Verhältnissen sind die größten und kleinsten scheinbaren Durchmesser in den folgenden beiden Kolumnen berechnet. Diese Werthe sind sowohl von der Entfernung als der wirklichen Größe abhängig, daher Merkur den Uranus, Mars den Saturn und Venus alle übrigen Planeten an scheinbarer Größe übertreffen können. Für die vier Mittelplaneten sind die kleinsten Durchmesser auch kleiner als die aller übrigen Planeten. Die Unterschiede zwischen den größten und kleinsten Werthen dieser Tabelle sind um so bedeutender, je größer die Excentricität, und je näher uns der Planet ist, daher beim Mars, der in beiden Rücksichten ausgezeichnet ist, am meisten; dagegen je entfernter der Planet ist, z. B. Uranus, desto weniger bedeutend ist die Größe von etwa 42 Mill. Meilen, um welche ihre Entfernung von der Erde sich durch die Bewegung derselben ändert. Für die verhältnißmäßige Größe des Unterschiedes haben die Planeten folgende Reihefolge: ♂ ♀ ⚳ ♃ ♁ ♄ ☿ ♃ ♄ ♅.

Synodischer Umlauf ist die Zeit die von einer Opposition oder Konjunktion bis zur nächstfolgenden verfließt, ihre Dauer ist schwankend und die angegebenen Werthe geben ihre mittlere Größe an. Sie hängt von den Unterschieden in der Dauer des

sideralen Umlaufs um die Sonne ab. Die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Planeten einem Beobachter auf der Sonne zu bewegen scheinen, steht nämlich in geradem Verhältnisse mit der Umlaufszeit. Wäre diese bei zwei Planeten völlig dieselbe, so würden sie, wenn sie einmal in Konjunktion sind, sich nie trennen und wenn sie es nicht sind, diese nie erreichen. Ist die Geschwindigkeit beider verschieden, so eilt der raschere voraus und holt den langsamern erst dann wieder ein, wenn er einen Umlauf mehr gemacht hat als dieser. Verhalten sich z. B. die scheinbaren heliocentrischen Geschwindigkeiten der beiden Körper wie $1 : 1\frac{1}{4}$, so wiederholen sich die Konjunktionen nach vier Umläufen des ersten oder fünf des zweiten; verhalten sie sich dagegen wie $2 : 7$, so wiederholen sich die Konjunktionen schon nach $\frac{2}{5}$ Umläufen des ersten oder $1\frac{2}{5}$ des zweiten. Je größer also der Unterschied zwischen den Umlaufszeiten des Planeten und der Erde ist, desto früher treten die Konjunktionen ein und desto kürzer ist das synodische Jahr. Daher ist es bei Venus größer als bei Merkur, und bei Mars größer als bei den übrigen oberen Planeten. Warum Mars, bei dem die Umlaufszeit mehr von der Erde verschieden ist als bei Venus, dennoch ein weit längeres synodisches Jahr hat, ist durch eine leichte Rechnung zu beantworten.

Fast alle in diesem Abschnitte enthaltenen Gegenstände haben wir so angegeben, wie sie einem Beobachter im Mittelpunkte der Erde erscheinen würden; da wir uns indeß in einer bedeutenden Entfernung davon befinden, so werden sie sich uns etwas anders zeigen. Wir haben diese Abweichung schon (S. 109) unter dem Namen Parallaxe kennen gelernt; die Sterne erscheinen uns dadurch etwas niedriger als vom Mittelpunkte der Erde aus, aber der Unterschied ist

selbst bei den näheren Planeten unbedeutend, und bei den entfernteren fast unmerklich.

Mehr als durch die Parallaxe erniedrigt, werden sie durch die Stralenbrechung erhöht, indeß da sie sich darin nicht von den übrigen Sternen unterscheiden, so verweisen wir auf S. 126.

In weit geringerem Grade, als bei den Fixsternen, findet das Funkeln bei den Planeten statt, und obgleich viel glänzender als die meisten Fixsterne, haben selbst Venus und Jupiter ein weit ruhigeres, mondähnlicheres Licht, wodurch ein geübtes Auge, auch ohne ihre Stellung zu kennen, leicht die Körper des Sonnensystems von den Fixsternen unterscheiden kann. Indeß sind diejenigen planetarischen Körper, deren Durchmesser wegen ihrer geringen Größe und Entfernung sehr klein erscheint, den Fixsternen ähnlicher. (S. 129).

Sie können sich unsrem Zenith nur bis auf einen gewissen Bogen nähern, da sie sich von der Ekliptik nicht über eine gewisse Grenze entfernen, und dieser Kreis bei unsrer Polhöhe (50°) nicht höher als $63^1/_2{}^\circ$ über unsren Horizont kommt; nur Pallas kann ihn allenfalls erreichen. Am meisten nähern sie sich dem Zenith, wenn sie im Winter in der Opposition oder im Sommer in der Konjunktion sind; da sie aber im letzten Falle nicht sichtbar sind, so vereinigt sich alles, um den Anblick der obern Planeten in jener Periode zum schönsten zu machen (S. 177), indem durch ihre Höhe auch die störenden Einflüsse der Atmosphäre weniger wirken.

Elfte Vorlesung.

Die Mondsbewegungen.

Dieser uns nur durch seine Nähe so ausgezeichnet erscheinende Himmelskörper spielt nächst der Sonne die größte Rolle in der Geschichte der Astronomie. Seine Erscheinungen, auffallender und häufiger noch als die der Sonne, gaben dem Menschen die Eintheilung seiner Zeit in Monate und Wochen, und den Bemühungen die merkwürdigen Finsternisse, die er in Verbindung mit der Sonne hervorbringt, zu erklären, hat die feinere Astronomie ihre Entstehung und Fortbildung zu danken, bis der Gesichtskreis der Menschen durch Erfahrungen erweitert, auch die Planeten in sich schloß. Seine Bahn ist, im Ganzen betrachtet, eine nicht sehr vom Kreise abweichende Ellipse, aber seine Nähe hat uns eine große Anzahl von Abweichungen kennen gelehrt, deren Erklärung zu den Triumphen der Mathematik gehört.

In Fig. 14 sei S die Sonne, E die Erde, der um sie beschriebene Kreis die Bahn des Mondes, so ist dieser in A, wo seine Bahn durch eine von der Sonne nach der Erde gezogene Linie geschnitten wird, in seiner Konjunktion mit der Sonne; kein Theil der uns zugekehrten Scheibe ist erleuchtet, es ist Neumond. Nach ein paar Tagen zeigt er sich vor Son-

nenuntergang als ein schwacher Silberbogen, die Hörner aufwärts gerichtet, und die erhabene Seite der untergegangenen Sonne zugekehrt, während der übrige Theil der Scheibe ganz dunkel ist, oder doch nur mit einem matten Lichte scheint, dessen Ursprung wir späterhin kennen lernen werden. Je mehr er sich von der Sonne entfernt, desto größer wird der erleuchtete sichelförmige Theil, bis er in B den Punkt erreicht, wo eine von der Sonne gezogene Linie die Bahn des Mondes berührt. Die Scheibe ist nun gerade zur Hälfte erleuchtet, und eine gerade Linie scheidet den hellen Halbmond von dem dunklen Theile. Er glänzt von Sonnenuntergang bis Mitternacht, und selbst am Tage wird er nicht ganz von der Sonne verdunkelt, sondern zeigt sich als ein kleines nur durch seine kreisförmige Begrenzung zu unterscheidendes Wölkchen des Nachmittages am Himmel. Auch hat jetzt der Mond für den Sonnenbewohner die scheinbar größte Entfernung von der Erde erreicht. Von nun an rundet der Mond seine geradlinig begrenzte Seite immer mehr ab, er geht später auf und später unter, bis er in der Opposition C um Mitternacht kulminirt, und die ganze Nacht hindurch mit voller Scheibe als Vollmond den Himmel erleuchtet. Die zweite Hälfte seiner Bahn ist der ersten ähnlich: der früher nur abgerundete Theil wird kleiner, in D ist wieder der Halbmond, nur daß er statt des Abends nach Mitternacht erscheint und vor Mittag wie ein Wölkchen am Himmel ist. Nach etwa vier Wochen hat er sich der Sonne so sehr genähert, daß er uns unsichtbar ist, bis er nach fünf Tagen uns als schwacher Streifen wieder erscheint und von den meisten Völkern des Alterthums — und von den Juden noch jetzt — als lange entbehrter Freund durch Feste begrüßt wurde.

Seine Lichterscheinungen oder Phasen sind so ausgezeichnet, daß sie schon in den frühesten Zeiten beobachtet sind. Man machte sehr bald die Erfahrung, selbst ohne ihren Grund einzusehn, daß der Mond seine Hörner immer von der Sonne ab- und die volle Seite ihr zukehre, daß er also in dem ersten Viertel AB, wo er des Abends und auf der Ostseite der Sonne erscheint, seine Hörner nach Osten, und in dem letzten Viertel CD, wo er des Morgens im Westen der Sonne ist, nach Westen wende; daher der bei vielen Völkern eingeführte Spruch, daß man in den zunehmenden Mond mit der linken, in den abnehmenden mit der rechten Hand greifen könne. Dieses ist natürlich nur für die Bewohner des nördlichen Theils der Erde wahr, im Süden ist es gerade umgekehrt. In dem zweiten und dritten Viertel der Mondsbahn BC und EF ist des Mondes Gestalt nicht mehr sichelförmig, sondern oval.

In den Punkten E und F, wo der Mond genau 90° von der Sonne entfernt ist, sind seine Quadraturen und zwar E die erste und F die zweite; sie sind der Opposition näher als die Stellen, wo seine Scheibe gerade zur Hälfte erleuchtet ist; indeß ist der Unterschied wegen der verhältnißmäßig großen Entfernung der Sonne unbeträchtlich. Opposition und Konjunktion des Mondes und der Sonne nennt man die Syzygien. Die vier Punkte in der Mitte zwischen ihnen und den Quadraturen heißen die Oktanten.

Die Zeit nach welcher der Mond wieder in dieselbe Lage zu den Gestirnen kommt, oder der siderische Monat, ist 27 T. 7 St. 43′ 11″ 56; er legt daher täglich 13° 10′ 35″, oder in einer Zeitsekunde etwa ½ Raumsekunde zurück. Wegen der

Vorrückung der Nachtgleichen ist die Zeit bis er wieder dieselbe Länge in der Ekliptik erreicht etwas kleiner, nämlich 27 T. 7 St. 43′ 4″72. Indeß ist er der Erde auf ihrer jährlichen Bahn um die Sonne gefolgt und muß nun noch eine Strecke zurücklegen bis er wieder dieselbe Lage zur Erde und Sonne erlangt. Die Zeit zwischen zwei Neu- oder Vollmonden oder der synodische Monat beträgt 29 T. 12 St. 44′ 2″86, also täglich 12° 11′ 27″, eine schon von Ptolemäus sehr genau gefundene Größe, indem er eine lange, zwischen zwei Neumonden verflossene Zeit, etwa 200 Jahr, durch die Anzahl der Monate dividirte. Die Neueren, die weit größere Perioden vergleichen konnten, bestimmten sie nun 0″1 genauer.

Die Entfernung des Mondes von der Erde ist 51844 Meilen oder 60,3 Erdhalbmesser, seine größte Mittelpunktsgleichung 60° 17′ 54″5. Durch die jährliche Bewegung der Erde wird der Mond, der die Bewegung der Erde theilt, zu einer schlängelnden Bewegung gezwungen; seine größten Entfernungen von der Erde betragen indeß, von der Sonne aus gesehn, nur 8′ — 9′, etwa den siebenten Theil von den Abweichungen der Erde selbst. Aber der Mond, beständig von den Einflüssen der großen Sonne und der nahen Erde beherrscht, und in die verschiedensten Verhältnisse zu beiden kommend, wird sehr bedeutende Veränderungen erleiden müssen. Wir wollen die vorzüglichsten in dem Folgenden zu entwickeln suchen.

Die Körper ziehn einander in dem Verhältnisse ihrer Masse und verkehrt wie das Quadrat ihrer Entfernungen an. Der größere wird daher eben sowohl von dem kleineren angezogen, als dieser von jenem, aber die Veränderungen, welche er dadurch erleidet, sind weit unbedeutender als die des kleinern, so daß

man in den Wirkungen der Sonne auf die Planeten und dieser auf die Trabanten die Rückwirkungen auf die Sonne gar nicht, und die der Trabanten auf die Planeten nur wenig berücksichtigen darf. Die Entfernung der Sonne von der Erde ist so bedeutend, daß ihre Wirkungen auf die Erde und den Mond im Neumond und Vollmond, trotz der verschiedenen Entfernungen derselben, in beiden Zuständen keine bedeutende Abänderung erleiden, desto bedeutender sind aber die Wirkungen, welche durch die Lage des Mondes und der Apsidenlinien der Monds- und Erdbahn veranlaßt werden.

Die Anziehungen der Sonne und Erde auf den Mond, so verschieden auch ihre Richtung sein mag, vereinigen sich jedoch darin, daß sie ihn immer der Linie, welche ihre Mittelpunkte verbindet, zu nähern suchen. Seine Geschwindigkeit wird dadurch in der Nähe der Syzygien sehr bedeutend vermehrt und weit größer als in den Quadraturen. Den mittleren Werth hat sie also in den Oktanten; in den Achteln der Mondsbahn, die nahe an den Syzygien sind, legt der Mond eine weit größere Strecke zurück, als in den übrigen; er ist daher in dem ersten und dritten Oktanten weiter vorgerückt, und steht in dem zweiten und vierten weiter in seiner Bahn zurück, als er es bei gleichförmiger Bewegung sein würde. Die Länge des Mondes ist deshalb dort 37′ 5″ größer und hier eben so viel kleiner, als sie bei einer gleichförmigen elliptischen Bewegung sein würde. In den Syzygien und Quadraturen, obgleich hier die Geschwindigkeit am meisten abweicht, bleibt jedoch die mittlere Länge. Diese Ungleichheit, die man Variation nennt, ist eine Entdeckung Tycho's, der zuerst den Mond in allen Theilen seiner Bahn beobachtete.

Noch beträchtlicher ist die Evektion, welche

durch die veränderliche Lage der Apsidenlinie der Mondsbahn zu den Syzygien veranlaßt wird. In der Erdnähe bewegt sich der Mond rascher, in der Erdferne langsamer, der Unterschied bringt die Mittelpunktsgleichung hervor; in den Syzygien, wo sich die drei Körper auf einer geraden Linie befinden, ist die Wirkung viel bedeutender, als wenn die Apsidenlinie mit den Quadraturen übereinkommt. In jenem Falle ist die Mittelpunktsgleichung 7° 36′, in diesem nur etwa 5°, die Abweichung von dem mittleren Werthe ist daher 1° 18′ 2″45. Ungeachtet ihrer Größe war die Evektion den Alten entgangen, weil sie den Mond fast nur in den Syzygien beobachteten; erst Ptolemäus entdeckte sie, als er den Mond auch in den Quadraturen beobachtete.

Die verschiedenen Entfernungen der Erde von der Sonne bringt die jährliche Gleichung hervor. Wenn die Anziehung der Sonne auf den Mond nicht der Erde entgegenwirkte, so würde die Mondsbahn um $^1/_{358}$ enger, der Mond also der Erde näher sein. Diese Größe wird um die Sonnennähe der Erde, also Ende Decembers zunehmen, um die Sonnenferne abnehmen, und ihren größten Werth in der mittleren Entfernung der Erde, die auf das Perihelium folgt, also Ende März haben; die Geschwindigkeit des Mondes ist dann geringer und seine Länge ist um 11′ 16″ kleiner, als sie ohne diesen Umstand sein würde; in der auf die Erdferne folgenden mittleren Entfernung der Erde von der Sonne, gegen Ende Septembers, ist die Länge um 11′ 16′ größer.

Diese vier Ungleichheiten: die Mittelpunktsgleichung durch die Excentricität der Bahn, die Variation durch die verschiedene Anziehung der Sonne in den Syzygien und Quadraturen, die Evektion durch die Lage der Apsidenlinie des Mon-

des zur Sonne und Erde, und die jährliche Gleichung durch die verschiedene Entfernung der Erde von der Sonne veranlaßt, nennt man die vier großen Gleichungen des Mondes, wodurch die Länge desselben geändert wird; aber die Wirkung der Sonne erstreckt sich auch auf die Lage der Knoten, die Lage der Apsiden und die Neigung der Mondsbahn.

Mittelst der gemeinschaftlichen Anziehung des Mondes durch die Sonne und die Erde zu der sie verbindenden Linie, wird jener immer der Ekliptik genähert und erreicht sie bei jedem Umlaufe früher als vorhin. Diese Ablenkung beschränkt sich nicht auf die Durchschnittslinie der Monds- und Erdbahn, sondern findet in jeder Lage des Mondes statt (vergl. S. 155). Berechnet man aus den Bewegungen desselben seine Knoten, so findet man, daß diese eine tägliche mittlere Bewegung von etwa 3′ 10″ 8 haben, und in 6793 T. 10 St. 6′ 30″ rückgängig einen Umlauf um die Ekliptik vollenden. Indeß ist diese Bewegung wegen des veränderlichen Einflusses der Sonne und der Erde sehr verschieden; in den Knoten, wo der Mond in der Erdbahn ist und in den Quadraturen $= 0$; in den Syzygien am stärksten, so daß die wahre Länge der Knoten von der mittleren um 1° 37′ 45″ verschieden sein kann.

Die Sonne vergrößert in den Syzygien durch ihren so mächtigen Einfluß die Entfernung des Mondes von der Erde, sie wird daher auch eine Bewegung der Apsiden veranlassen, und es ist klar, daß sich diese nach ihrer eigenen Bewegung richtet. Die Erdnähe und Erdferne folgen der Sonne so, daß sie in 3232 T. 13 St. 56′ 16″ 8, oder täglich 6′ 40″ 9 rechtgängig einen Kreislauf um die Ekliptik vollenden. Ihre Bewegung ist zweimal so schnell als die der Knoten; sie entfernen sich täglich 9′ 51″ 7 von ein-

ander, und die ganze Periode bis sie wieder zusammentreffen ist 1931 T. 17 St. 45′ (vergl. S. 155). Auch diese Bewegung ist sehr schwankend.

Durch dieselben Ursachen ward auch die Neigung der Bahn zur Ekliptik verändert. Die Abweichung in der Breite des Mondes kann auf 8′ 47″ steigen; um so viel nämlich ist sie kleiner, wenn die Knotenlinie in die Quadraturen, und größer, wenn sie in die Syzygien fällt. In diesem Falle beträgt die Breite 5° 17′ 17″, in jenem nur 5° 0′ 13″ wogegen in den Oktanten der mittlere Werth 5° 9′ bleibt.

Die hier entwickelten sind nur die vorzüglichsten Abweichungen; von kleineren hat Bürg in seinen Mondstafeln 24 Gleichungen in der Länge, 12 in der Breite und 12 in den Entfernungen berechnet, also 48. Ihre Wirkungen betragen einige Minuten. Durch diese Unregelmäßigkeit schwankt die stündliche Bewegung des Mondes zwischen 28′ und 38′; die mittlere Geschwindigkeit ist 32′ 50″46.

Die ganze Umlaufszeit, die sonst bei allen übrigen Himmelskörpern sehr regelmäßig ist, nimmt beim Monde in einem Jahrhundert 10″2 ab. Diese Größe scheint beschleunigend zuzunehmen, so daß die Umlaufszeit in 200 Jahren 40″8 und in 1000 Jahren 1020″ kürzer ist als jetzt. Indeß scheint dieses nicht immer fortzudauern, sondern nach einer gewissen Periode sich die Abnahme wieder in Zunahme zu verwandeln, so daß auch hier nur eine Oscillation statt findet.

Der Zeitraum zwischen einem Neumonde und dem folgenden dient seit den ältesten Zeiten zur Eintheilung der Zeit. Da er indeß aus 29^1_2 Tagen besteht; so hat man dem bürgerlichen Monat abwechselnd 29 und 30 Tage gegeben. Nach 33 Mo-

naten muß dann einer von den 29tägigen Monaten 30 Tage haben. Der vierte Theil des Monats, oder die Dauer eines Mondviertels ist etwa 7 Tage, daraus entsprang die Eintheilung in Wochen. Das Mondjahr oder 12 bürgerliche Monate von 354 Tagen, ist $11\frac{1}{4}$ Tage von dem Sonnenjahre verschieden, daher schaltete man von Zeit zu Zeit Monate ein. (S. 14.). Die goldne Zahl des Meton, oder die Periode von 19 Sonneniahren zu $365\frac{1}{4}$ Tagen enthält 235 synodische Monate. In 19 Mondenjahren = 228 Monaten mußten sieben Monate eingeschaltet werden. Dieses ist die Grundlage der Kalender fast aller Völker, die nach Sonnenjahren rechnen und doch Mondsmonate haben, z. B. bei den Juden. Mit dem Jahre von 365 Tagen, das die meisten alten Völker hatten, stimmt die Sothische Periode (S. 5.) von 25 Jahren oder 9125 Tagen gut, in welchen 309 synodische Monate, also 9 Schaltmonate sind. Diese Zahl mit 1460 multiplicirt gibt 36500 Jahre, in welchen sich alle Erscheinungen von Sonne und Mond wiederholen würden. Das Jahr ist hierbei zu $365\frac{1}{4}$ Tag angenommen und der Erfinder dieser Periode wußte nicht, daß während dieser langen Zeit sein Kalender um 352 Tage, also beinahe um ein ganzes Jahr, falsch sein würde.

Die Zeit zwischen zwei auf einander folgenden Durchgängen des Mondes durch denselben Knoten, nennt man den Knoten- oder Drachenmonat, weil man früher, vielleicht in Folge eines Aberglaubens bei den Finsternissen, den aufsteigenden Knoten des Mondes Drachenkopf und den absteigenden Drachenschwanz zu nennen pflegte *). Seine Dauer ist 27 T. 5 St. 5′ 49″.

---

*) Nach einer andren Ansicht rühren diese Namen von den Sternbilde des Drachen in der Nähe des Nordpols

Der Zeitraum zwischen zwei auf einander folgenden Erdnähen oder Erdfernen (Anomalie) oder der anomalistische Monat ist 27 T. 13 St. 18′ 35″. Ihr Unterschied entspringt aus der Bewegung der Apsiden. Sie sind wegen ihrer Beziehung zu den Finsternissen, die wir gleich näher kennen lernen werden, schon von den Alten untersucht worden.

Als ein Zeitraum, nach welchem die Erscheinungen des Mondes sich in derselben Ordnung wiederholten, war im Alterthum die Chaldäische Periode berühmt. Sie enthielt 18 Jahre 11 Tage, oder 223 synodische, 239 anomalistische, 241 periodische und 242 Knotenmonate, die oben (S. 4.) angeführte ist dieselbe, nur der größeren Genauigkeit willen mit 3 multiplicirt. Eine andre sehr genaue, aber wegen ihrer Länge nicht angewendete, von Hipparch erfundene Periode bestand aus 126007 Tagen und enthielt 345 Jahre, 4267 synodische, 4573 anomalistische und 4612 periodische Monate; eine andre Periode desselben Astronomen ist die von 161178 Tagen oder 441 Jahren und 103 Tagen, 5458 synodischen und 5923 Knotenmonaten. Wegen ihres sehr hohen Alters ist eine Periode von 600 Jahren oder 7421 synodischen Monaten merkwürdig.

Da die Bahn des Mondes zum Aequator geneigt ist, so wird seine Geschwindigkeit in gerader Aufsteigung sehr ungleichförmig sein, am größten bei seiner größten Abweichung, am kleinsten, wenn er den Aequator schneidet. Seine mittlere tägliche Bewegung ist 13° 10′ 35″, die der Sonne nach derselben Richtung etwa 1°, der Mond entfernt sich also

---

her, der gerade 180° einnimmt, und daher wol zur Bezeichnung dieser zwei entgegengesetzten Punkte dienen konnte.

von der Sonne täglich um 12° 10′ nach Osten, oder nähert sich ihr eben so viel nach Westen. Dieses bewirkt einen Unterschied von etwa 50 Zeitminuten, um welche der Mond jeden Tag im Durchschnitte später aufgeht als den vorhergehenden. Der Vollmond, der um Mitternacht kulminirt und bei Sonnenuntergang aufgeht, wird am folgenden Tage schon fast eine Stunde später aufgehn. Indeß wenn die Sonne in den Nachtgleichen ist, etwa im September in der Wage, so wird der Vollmond, der sich an dem entgegengesetzten Theile des Himmels befindet, ebenfalls nicht weit vom Aequator, in dem Widder, sein, und längs desselben, in der Rektascension, viel langsamer fortrücken als gewöhnlich; der Mond geht daher weniger spät auf, in unsren Klimaten etwa nur 20′ später als den vorhergehenden Tag, und dem Landmanne, der um diese Zeit gerade mit der Ernte beschäftigt ist, leuchtet einige Tage hindurch der bald nach Sonnenuntergang aufgehende Mond bei seiner Arbeit. Man nennt diese Erscheinung deshalb den Erntemond. Sie ist um so schöner, je nördlicher die Breiten des Mondes und des Ortes sind; in den Tropenländern zeigt sie sich fast gar nicht. In der südlichen Halbkugel findet sie unter ähnlichen Umständen eben so wie bei uns statt.

Am schönsten ist der Vollmond in den langen Winternächten der kalten Zonen, wo er die Sonne dem von ihrem Glanze nicht verwöhnten Auge fast ersetzt. Da er an dem ihr entgegengesetzten Theile der Himmelskugel ist, so wird er fast eben so weit über dem Horizonte sein, als die Sonne darunter ist, und höher noch, wenn seine Breite nördlich ist, und so seinen ganzen Kreislauf einige Tage hindurch vor den Augen der Polarbewohner vollenden, wenn nicht Nebel und Schneegestöber die Luft verfinstern.

Von keinem Körper war die Entfernung so früh und so genau bekannt wie vom Monde; schon die Griechen hatten sie berechnet. Sie ist auch bei weitem die kleinste unter allen Himmelskörpern, denn die Aequatorealparallaxe ist zwischen 61′ 22″4 und 53′ 46″2, und ihr mittlerer Werth 57′ 34″3, woraus sich die Entfernung leicht bestimmen läßt. Diese beträgt 47951 bis 54763, im Durchschnitt 51357 deutsche Meilen, und ist wegen der Excentricität der Mondsbahn und des Einflusses der Sonne den schon oben erwähnten Veränderungen unterworfen.

Ehe die Beobachtung der Planeten genauere Methoden darbot, suchte man aus der Entfernung des Mondes auf die der Sonne zu schließen. Die Griechen beobachteten deshalb den Mond in seinen Quadraturen, wo sie glaubten, daß eine gerade Linie die Grenze zwischen dem erleuchteten und dunklen Theile bilde; weil alsdann der Winkel am Monde ein rechter Winkel ist, und sie den Winkel, den Sonne und Mond mit der Erde machten, beobachten konnten, so konnten sie die Entfernung der Sonne berechnen. Bei der Unsicherheit dieser Methode ist ihr so sehr falsches Resultat (S. 15.) nicht befremdend.

Die Mond- und Sonnenfinsternisse.

Unter den vielen Fällen, in denen die Wissenschaft Aberglauben verscheucht hat, indem es ihr gelungen ist, selbst dem großen Haufen die Ursachen des wunderbar scheinenden Phänomens deutlich zu machen, nehmen die Finsternisse einen ausgezeichneten Rang ein. Während man in früheren Zeiten und auch noch jetzt in weniger gebildeten Ländern ängstlich auf den Himmel achtet, und durch abergläubische Gebräuche das befürchtete Unglück abzuwenden sucht, ist

bei uns kaum ein Mensch so roh, daß er die Ursache der Finsternisse nicht wüßte und sie mit mehr als bloßer Neu- oder Wißbegierde betrachtete.

Auch ist die Ursache sehr einfach. Wenn vor einen leuchtenden Körper ein dunkler, undurchsichtiger gestellt wird, so wirft er einen Schatten hinter sich; ist der dunkle Körper der größere, so wird der Schatten, sich immer weiter ausdehnend, sich ins Unendliche erstrecken; ist er kleiner, so wird nur den Gegenständen, welche sich innerhalb einer gewissen Entfernung von ihm befinden, das Licht gänzlich entzogen werden, in einer größeren Entfernung wird der Mangel an Licht kaum bemerkt. Diesen Fall haben wir schon oben (S. 171) bei den unteren Planeten angeführt, die man wol zuweilen als kleine Flecken sich durch die die Sonne bewegen sieht, aber Verdunkelung findet wegen der großen Entfernung nicht statt. Diese kann aber, trotz der überwiegenden Größe der Sonne, zwischen Planeten und Trabanten eintreten. Die Gestalt des Schattens oder des Raumes, innerhalb dessen einem Körper das Licht entzogen würde, hängt von der Gestalt des leuchtenden und des dunklen Körpers ab. Bei kugelförmigen — und zu diesen gehören alle Himmelskörper — hat er die Gestalt eines ganzen oder abgestumpften Kegels. Je kleiner der leuchtende, je größer der dunkle Körper und je entfernter er von jenem ist, desto weiter erstreckt sich der Schattenkegel.

Den Raum, welcher nur einen Theil des Lichts empfängt, nennt man den Halbschatten; er zeigt sich überall, wo das Licht mehr als ein glänzender Punkt ist, und erstreckt sich stets in's Unendliche; er umgibt den Schatten d. h. den Ort, wohin gar kein Licht von jenem leuchtenden Körper kommt.

Bei den Finsternissen, zu denen wir uns jetzt

wenden wollen, ist die Erde oder der Mond der dunkle und die Sonne der leuchtende Körper, und da jene von dieser an Größe weit übertroffen werden, so wird sich der Schattenkegel mehr oder weniger weit hinter ihnen in einer Spitze endigen. Der für die Finsternisse günstigste Zeitpunkt ist, wenn die Erde von der Sonne am entferntesten und dem Monde am nächsten ist.

Wir wollen uns zuerst an die Mondfinsternisse wenden. In der höchsten Stufe seines Lichts tritt der Mond, wenn er nicht zu weit von der Ekliptik entfernt ist, in den Schatten, der sich hinter der Erde in einer Entfernung von 186000 Meilen erstreckt. Allen Ländern der Erdoberfläche, über deren Horizont er alsdann ist, ist seine Verfinsterung sichtbar. Sie ist total, wenn uns der ganze Mond, partial, wenn er uns nur theilweise verfinstert ist; in sehr seltenen Fällen, oder eigentlich mit völliger Genauigkeit nie, befinden sich die Mittelpunkte der drei Weltkörper in einer geraden Linie: dann ist die Finsterniß central. Wenn uns die Zeit ihres Anfangs aus astronomischen Ephemeriden für irgend einen Ort, z. B. Paris, bekannt ist, und man hat den Ort der Ekliptik, in dessen Zenith jetzt die Sonne ist, berechnet, so hat der diesem entgegengesetzte Ort der Erde den Mond in seiner Scheitel, und die ganze Erdhalbkugel, in deren Mitte dieser Ort ist, sieht den Anfang der Mondfinsterniß; auf ähnliche Weise kann man auf einem Erdglobus die Länder bezeichnen, in denen das Ende und die Mitte der Finsterniß sichtbar sind. Diese Erscheinungen treten zwar für die ganze Erde in demselben Augenblicke ein, aber da der Stand der Sonne in verschiedenen Meridianen verschieden ist, so ist es auch die Zeit, und man muß die für einen gewissen Ort angegebene Zeit in die Zeit des Beobachtungsorts ver-

wandeln. In Paris z. B. ist den 2ten September 1830 um 11 Uhr Abends eine totale Mondfinsterniß; in Berlin, das etwa 11° östlich ist, ist es alsdann 44 Min. später (S. 95); die Finsterniß ist also dort etwa 1/4 Stunde vor Mitternacht.

Die Stralenbrechung veranlaßt hierbei einige merkwürdige Erscheinungen. Die Orte, in deren Horizont die Sonne während der Finsterniß ist, sehn oft den total verfinsterten Mond und die Sonne zu gleicher Zeit über ihrem Horizonte. Der Mond erhält nämlich noch etwas von der Erdatmosphäre zurückgestraltes Licht. Dieses ist aber an Stärke und Farbe sehr von dem Zustande unsrer Atmosphäre abhängig; gewöhnlich erscheint der Mond, zum großen Entsetzen der Abergläubischen, wie eine glühende Kohle; indeß ist er bei jeder Finsterniß anders, ja zuweilen verschwindet er ganz, so daß ihn z. B. den 25. April 1642 Hevel selbst durch Fernröhre nicht entdecken konnte.

Wenn der Mond sich in der Ekliptik bewegte, so würde in jedem Vollmonde eine totale centrale Mondfinsterniß statt finden, durch die bedeutende Neigung der Mondbahn tritt jedoch eine centrale wol nie, und eine totale sehr selten ein; die partialen sind häufiger, indem sie sich schon zeigen wenn auch der Mittelpunkt des Mondes noch etwa 64′ (= Parall. des Mondes + 1/2 Durchmesser des Mondes + 1/2 Parall. der Sonne — 1/2 Durchm. der Sonne *)) von der Ekliptik entfernt ist. Der Mond ist dann wol noch 13 1/2° von dem einen Durchschnitte seiner Bahn mit der

---

*) Die unbedeutende Parall. der Sonne ist nur der Gleichförmigkeit willen nicht weggelassen; wegen des Beweises s. S. 176.

Ekliptik entfernt, obgleich die Finsterniß in weniger günstigen Fällen nur innerhalb $7^3/_4^o$ vom Knoten statt finden kann. Die längste Dauer derselben ist 4 Stunden 38 Minuten, einer totalen nur 2 Stunden 18 Minuten.

Wie bei den Mondfinsternissen der Mond in seiner größten Pracht verdunkelt wird, so macht er in den Sonnenfinsternissen, nachdem er einige Zeit an Größe beständig abgenommen hatte, und selbst seit mehr als 2 Tagen verschwunden war, sein Dasein auf eine dem Unwissenden schreckliche Weise kund. Zwar ist ihre Ursache eben so einfach, als bei jenen, aber ihre genauere Berechnung ist weit größeren Schwierigkeiten unterworfen. Der 50000 Meilen lange Schattenkegel, den der Mond hinter sich wirft, erreicht zuweilen die Erde nicht, und wenn er sie trifft, so ist's nur ein Theil ihrer Oberfläche, der höchstens 2° in Durchmesser hat; an diesen Stellen, wo kein Theil der Sonne sichtbar ist, ist die Finsterniß total; wenn der Schattenkegel die Erde nicht erreicht, so ist an den Stellen derselben, die der Spitze des Kegels (S. 58) am nächsten liegen, noch ein schmaler Ring der Sonne unverfinstert; dieses sind die ringförmigen Finsternisse. Die Orte der Erde, wo sie statt finden, sind dabei fast denselben Bedingungen unterworfen, wie bei den totalen Finsternissen, nur ist der scheinbare Durchmesser des Mondes kleiner, als der der Sonne. Eine ähnliche Erscheinung, jedoch in viel kleinerem Maßstabe, sind die Durchgänge der unteren Planeten vor der Sonnenscheibe (S. 171). Partial ist die Sonnenfinsterniß an den Stellen, die gewissermaßen im Halbschatten sind, indem die Sonne nur zum Theil verfinstert ist. Da wo die Mittelpunkte fast in einer geraden Linie liegen, ist sie central. Die partialen Finsternisse erstrecken

sich wol über einen Kreis der Erdoberfläche, der einen Durchmesser von 70° hat. Die Größe des verfinsterten Theils bestimmt man hier, wie bei den Phasen des Mondes und der Planeten, durch die Anzahl der Zolle d. h. Zwölftel der Sonnen- oder Mondscheibe.

Die Zeit dieser Finsternisse ist nicht für alle Theile der Erde dieselbe, sondern die Mitte des Schattens, d. h. die Linie welche, durch die Mittelpunkte der Sonne und des Mondes gezogen, unsre Erde berührt, bewegt sich rasch über sie hin. Der Schatten einer Wolke, die von den Winden über Berge und Thäler fortgerissen, einigen Zuschauern das Licht der Sonne verbirgt, und andren nicht, ist das Bild einer totalen Sonnenfinsterniß. Der Mittelpunkt des Mondschattens bewegt sich ungefähr eben so rasch, wie der Mond auf seinem synodischen Laufe, in einer Stunde 30½ Minuten. Aber eine Minute auf der Bahn des Mondes, der ungefähr 60 Erdhalbmesser vom Mittelpunkt der Erde entfernt ist, ist 60 mal so groß, wie eine Minute auf der Erdoberfläche, also etwa 1° oder 15 Meilen; in einer Stunde rückt mithin der Schatten fast 460 Meilen vor. Der Aequator bewegt sich nach derselben Richtung in der Stunde 15° oder 225 Meilen, der Schatten eilt ihm also in der Stunde noch 235 Meilen von Westen nach Osten voraus. Der Theil der Erde, den er am frühesten erreicht, hat Sonne und Mond im östlichen Horizont, also Sonnenaufgang, die westlichen Orte haben ihn später, bis er endlich die Erde zum zweiten Male in einem Orte berührt, der den Mond und die verfinsterte Sonne im Abendhorizonte hat. Der Mond tritt darauf wieder in sein früheres Dunkel zurück, bis er uns nach ein paar Tagen seinen Lichtbogen wieder zuwendet.

Wenn der Mond sich nie von der Ekliptik entfernte, so hätte jeder Neumond seine Sonnenfinsterniß. Jetzt finden sie zwar nur in der Nähe der Knoten statt, jedoch ereignen sie sich unter günstigen Umständen, selbst wenn der Mond noch 21° davon entfernt ist; sobald aber sein Abstand geringer ist als 15°, so müssen sie eintreten. Sie haben also ein weit ausgedehnteres Gebiet, als die Mondfinsternisse; auch finden sie schon statt, wenn die Breite des Mondes nicht über 1° 34′ beträgt (= Parall. des Mondes + ½ Durchmesser des Mondes — Parall. der Sonne + ½ Durchmesser der Sonnne. Vergl. S. 201 Anm.). Man nennt die geocentrische Entfernung des Mondes von der Sonne oder dessen Breite zu der Zeit, wann die partiale, totale oder ringförmige Finsterniß an einem gewissen Orte beginnt, den Halbmesser der partialen, totalen oder ringförmigen Finsterniß. Auf der ganzen Erde dauert eine totale Sonnenfinsterniß wol 4 Stunden 38 Min. und eine partiale 7 Stunden. An einem Orte dauert eine totale Finsterniß nie über 5 Min., gewöhnlich viel weniger; sie gehören daher zu den seltensten Erscheinungen des Himmels. In Paris sind in den Jahren 1769 — 1900 nur 59 Sonnenfinsterniße sichtbar, und unter diesen bloß eine totale und eine ringförmige. Es kommt im Durchschnitt auf einen Ort in zwei Jahren etwa eine Sonnenfinsterniß und eine totale in 200 Jahren.

Die Finsterniße hängen vorzüglich von der Lage der Knoten ab, und die Perioden, die sich auf diese beziehen gelten auch für jene, oder sind vielmehr durch sie entstanden. Eine solche Periode ist die oben (S. 196) erwähnte chaldäische von 18 Jahren und 11 Tagen oder 223 synodischen Monaten, nach welcher der Mond beinahe wieder in dieselbe Lage zur

Sonne und Erde und zur Knotenlinie kommt. Sie ist jedoch nicht völlig genau; die Perioden Hipparchs (S. 196) kommen der Wahrheit näher. Die Finsterniſſe wiederholen ſich in einem ſolchen Zeitraume in derſelben Reihefolge, und wenn dieſe einmal durch Erfahrung feſtgeſetzt iſt, ſo kann man leicht die Finſterniſſe vorausbeſtimmen; ſo konnte z. B. Halley aus der den 22. Juni 1666 beobachteten Finſterniß leicht auf die ähnliche vom 2. Juli 1684 ſchließen. Der chaldäiſchen Periode bedienten ſich auch wahrſcheinlich Thales und die alten Aegypter. In dieſer Zeit ſind gewöhnlich 70 Finſterniſſe, 29 Mond- und 41 Sonnenfinſterniſſe; die Anzahl beider verhält ſich wie 5:7, die Sonnenfinſterniſſe ſind alſo häufiger, welches auch ſchon aus dem Obigen folgt. In jedem Jahre ſind zwei bis ſieben Finſterniſſe, im Durchſchnitt ſind ihrer vier.

Man kann faſt dem Volke verzeihen, daß es über die plötzliche Finſterniß am hellen Tage erſchrickt. Bis auf $\frac{1}{4}$ ihrer Scheibe kann die Sonne verdunkelt werden, ohne daß eine Abnahme des Tageslichts merkbar wird, wenn aber nur noch $\frac{1}{12}$ unbedeckt iſt, fängt es an dunkel zu werden: die Thiere eilen in ihre Höhlen, die Vögel fliegen in ihre Neſter, alles Lebendige in der Natur begibt ſich zur Ruhe, oder verräth durch ängſtliches Geſchrei ſeine Furcht; aber die rohen Völker der alten und neuen Zeit, alten und neuen Welt, ſuchen theils durch Gebet die zürnende Gottheit zu beſänftigen, theils den Drachen, der die Sonne oder den Mond zu beſiegen droht, durch furchtbaren Lärm zu verſcheuchen; oder ein Thales ſtiftet Frieden zwiſchen zwei Völkern, die eben im Kampfe begriffen, vom Schrecken überwältigt, ihre Schwerter zurückhalten, oder ein Kolumbus rettet ſich durch geſchickte

Benutzung seiner Kenntnisse aus den Händen der erbitterten Indier. Aber der erste Stral der befreieten Sonne belebt wieder die Natur, der Abergläubische freut sich, der drohenden Gefahr entgangen zu sein, und der Astronom, die Bahn des Mondes und die Länge seines Ortes genauer angeben zu können.

Ueberhaupt gehören die Finsterniſſe zu den für die Astronomie wichtigsten Erscheinungen. Die Leichtigkeit sie zu beobachten, die Regelmäßigkeit ihrer Wiederkehr nach kurzen Zeiträumen, und das Ansehn, das ihre Vorhersagung den Priestern und Astronomen verschaffte, machten sie zu einer der am häufigsten beobachteten Himmelserscheinungen, und gaben ihrer Kunde einen Grad von Genauigkeit, welchen selbst die Beobachtungen der Sonne nicht erreichten. Die kleinen Fehler bei dem Monde häuften sich schnell und wurden bald durch die Finsterniſſe aufgedeckt, wogegen sich bei der Sonne die Fehler erst nach einem langen Zeitraume zeigen konnten. Die Planetenbewegungen wurden erst in späteren Jahrhunderten bekannt, welches auch wegen ihrer Unregelmäßigkeit nicht zu verwundern ist.

Elfte Vorlesung.

Von den Bewegungen des Meeres und der Luft; Ebbe und Fluth.

Wenn die Aufsuchung des Gesetzes, dem die Flüssigkeiten der Erdoberfläche in ihrem Gleichgewichte gehorchen, mit großen Schwierigkeiten verknüpft war, so ist dieses bei dem Gesetze der durch die Anziehung fremder Körper verursachten Bewegungen derselben nicht minder der Fall. Wie gewöhnlich wollen wir von dem einfachsten Falle ausgehn, daß die Erde überall gleichförmig mit Wasser bedeckt, oder vielmehr eine Wasserkugel sei, und daß ein Himmelskörper von bedeutender Größe und Entfernung, etwa die Sonne oder der Mond, senkrecht über einem Punkte des Aequators stehe. Er wird alsdann alle Theile der Erde anziehn, und um so stärker, je näher sie ihm sind, den ihm nächsten Punkt also mehr als den Mittelpunkt der Erde, und diesen wieder mehr als den Punkt, in dessen Nadir er ist; da die Oberfläche der Erde nach unsrer Annahme aus einem beweglichen Körper besteht, so werden sich beide Punkte vom Mittelpunkte entfernen. Zwar ist im ersten Falle der Unterschied in der Anziehung etwas größer, als im zweiten; aber die Entfernung aller Himmelskörper ist so bedeutend, daß

diese Verschiedenheit völlig unmerklich ist, und man annehmen kann, daß die Hebung der Oberfläche oder das Anschwellen des Wassers in beiden Fällen gleich stark ist. Indeß ist sie nicht bloß auf diese beiden Punkte beschränkt, sondern erstreckt sich auf eine große sie umgebende Strecke. Gar keine Hebung des Wassers, sondern vielmehr Senkung desselben, weil die andren Theile der Oberfläche auf dessen Kosten anschwellen, findet in dem größten Kreise der Kugel statt, der gleich weit von jenen Punkten, also nach allen Seiten 90°, entfernt ist. Die dazwischen liegenden Orte erleiden wenige Veränderungen, jedoch so daß in einem Stücke der Kugeloberfläche, das sich etwa 45° um den Zenith- und Nadirpunkt erstreckt, ein Steigen des Wassers und in dem übrigen Theile eine Senkung statt findet. Wenn der Himmelskörper ruhig in seiner Lage bleibt, so wird sich dadurch die Erdoberfläche zu einem Sphäroid bilden das sich aber dadurch von dem Erdsphäroid (S. 106) unterscheidet, daß es durch Umdrehung einer Ellipse um ihre große Achse entstanden ist; diese liegt in der von dem Himmelskörper durch den Mittelpunkt der Erde gezogenen Linie. Wenn durch irgend einen Umstand an einem Punkte der Erdkugel eine Erhöhung der Wassermasse über die Kugelfläche statt fand, so wird die Anziehung auch auf diese ihre Wirkung äußern: sie wird erhöht werden, wenn sie weniger als 45° von den Punkten der größten Aufschwellung entfernt ist, und vermindert werden, wenn sie es nicht ist.

Die Himmelskörper sind aber nicht in Ruhe, sondern kommen während etwa 24 Stunden nach und nach über alle Punkte des Aequators zu stehn, wenn wir der Gleichförmigkeit willen annehmen, daß ihre tägliche Bahn im Aequator ist; auch entfernt sich die Sonne, auf die wir uns vorläufig beschränken wollen,

nicht sehr davon. Ihre stärkste Kraft wird sich jeden Augenblick auf den folgenden nach Westen gelegenen Punkt äußeren; aber der erste Punkt bleibt immer noch in dem Bezirke der Anziehung, und das Steigen seiner Flüssigkeit dauert fort, bis die Sonne 45° vom Zenith entfernt ist, also noch 3 Stunden nach ihrer Kulmination. Jetzt hat das Wasser seine größte Höhe erreicht, und fällt wieder, bis es nach 3 Stunden — also bei Sonnenuntergang — in seinem mittleren, und nach 6 Stunden — also 3 Stunden vor der zweiten Kulminatiou — in seinem niedrigsten Stande ist. Von da beginnt das Steigen wieder, und 3 Stunden nach Mitternacht ist der zweite hohe Wasserstand.

Es finden also während des Umlaufs der Sonne zwei höchste Wasserstände, Fluthen, und zwei niedrigste Wasserstände, Ebben, statt, jene 3 Stunden, nachdem die Sonne den Meridian, diese nachdem sie 3 Stunden den Ost- oder Westpunkt verlassen hat; wenn die Sonne aber im Zenith oder Nadir, im Osten oder Westen ist, so hat das Wasser die mittlere Höhe; aus ähnlichen Ursachen, wie die größte Wärme des Tages und Jahres nicht im Mittage oder den Sonnenwenden, sondern erst einige Zeit nachher ist, obgleich sich diese, wegen verschiedener andern Ursachen, weniger regelmäßig zeigt.

Man kann sich vorstellen, daß eine die Erde von allen Seiten umgebende sphäroidische Wasserhülse, deren größte Achse mit der von der Sonne nach dem Erdmittelpunkte gezogenen Linie einen Winkel von 45° macht, sich beständig um die Erde drehe, und so allmälig, während des Tages, auf jedem Punkte des Aequators zweimal die Fluth und zweimal die Ebbe herbeiführe. Da die Bewegung von Osten nach Westen geht, so wird auch die Ebbe und Fluth dieser Richtung

folgen, und die Wirkung einem Strömen der Oceane von Osten nach Westen ähnlich werden. Die Fluth ist indeß nicht so bedeutend, als sie es ohne die Achsendrehung der Erde sein würde, wodurch die Wirkung der Himmelskörper zu vorübergehend wird.

Minder beträchtlich, als auf dem Aequator, ist die Ebbe und Fluth in höheren Breiten; zwar wird auch hier der höchste Wasserstand 3 Stunden nach den Kulminationen der Sonne oder des Mondes sein, aber er steigt weit weniger hoch; am 45sten Grade der Breite behält das Wasser, während des ganzen Tages seine mittlere Höhe bei, und nördlicher noch wechselt zwar auch eine schwache Ebbe und Fluth, aber selbst diese erreicht nicht die Höhe des mittleren Wasserstandes in den Aequatorländern, weil die Sonne immer mehr als 45° entfernt ist; an den Polen würde das Wasser, auch wenn es nicht in Eis verwandelt wäre, nie an diesen Bewegungen Theil nehmen können, da dort eine ewige Ebbe ist. Im Ganzen wird das Wasser von den Polen dem Aequator zugezogen, und würde dadurch die Wirkung der Achsendrehung (S. 106.) vermehrt, wenn einige Fuß bei der Gestalt der Erde Berücksichtigung verdienten.

Dieß wären die Erscheinungen wenn die Sonne stets im Aequator bliebe; aber sie entfernt sich, wie wir wissen, mehr als 23° davon. Die sphäroidische Hülse dreht sich nicht um die Erdachse, die Kontraste zwischen den Wasserständen der verschiedenen Tageszeiten sind weniger scharf, und obgleich die dem Zenith und Nadirpunkte der Sonne benachbarten Orte eine etwas stärkere Fluth haben, so ist sie doch im Ganzen in den Abweichungen der Himmelskörper geringer als wenn sie den Aequator durchschneiden.

Einen andren Unterschied würden die verschiedenen Entfernungen der Sonne verursachen; je näher sie ist,

desto bedeutender ist der Unterschied ihrer Anziehungskraft auf die Oberfläche und den Mittelpunkt; daher ist die Fluth im Perihelium stärker und im Aphelium schwächer, als in den mittleren Entfernungen. Dieser Unterschied ist jedoch nicht sehr bedeutend. Wir wollen die Größe der durch die Sonne hervorgebrachten Fluth A nennen.

Von allen übrigen Himmelskörpern übt keiner einen so bedeutenden Einfluß auf die Erde aus, als der Mond; so groß ist die Wirkung der Nähe, daß er $2^1/_3$ mal so stark wirkt, als die 65 Millionenmal so große Sonne. Wenden wir die eben entwickelten Sätze auf ihn an, so wird auch er zwei Ebben und zwei Fluthen in ungefähr 25 Stunden hervorbringen; denn so viel Zeit verfließt zwischen zwei oberen Durchgängen des Mondes durch den Meridian. Wenn er im Aequator ist, ist diese Periode etwas kürzer (S. 197.), die Fluthen aber sind stärker. Dieses findet auch im Apogeum statt. Wir wollen seine Fluth B nennen.

Beide Körper bestimmen durch ihre Anziehung das Steigen und Fallen des Wassers, indem die Einwirkung der andren Himmelskörper völlig unmerklich ist. Wenn z. B. durch die Wirkung der Sonne das Wasser $1^1/_2$ Fuß über seiner mittleren Höhe stehen würde, durch den Mond aber $2^3/_4$ Fuß darunter, so wird die Erniedrigung $2^3/_4 - 1^1/_2 = 1^1/_4$ Fuß sein. Man geht indeß gewöhnlich bei den Berechnungen nicht von dem mittleren Stande aus, sondern von dem niedrigsten, und nennt Höhe der Fluth den Unterschied zwischen den Wasserständen in der Ebbe und in der Fluth. Auf diese Weise kann man aus dem Stande der Sonne und des Mondes auf die Höhe der Fluth schließen, wenn die Stärke der Wirkung der einzelnen Körper bekannt ist. Am stärksten ist die Fluth, wenn Sonne und Mond nach einer

Richtung ziehen, also in den Syzygien = A + B, am kleinsten in den Quadraturen, wo die Mondfluth mit der Sonnenebbe und umgekehrt übereinkommt; sie beträgt alsdann, weil die Wirkung des Mondes überwiegt, B — A. In allen Mittelstufen ist die Fluthzeit zwischen den durch beide Körper angezeigten Zeiten, aber der des Mondes, als des stärker wirkenden Körpers, näher. In den Syzygien ist die Fluth am spätesteu, indem sie $3^1/_2$ Stunden nach der Kulmination der Sonne ist; am frühesten ist sie in den Quadraturen, nur $2^1/_2$ Stunden nach dem Durchgange des Mondes durch den Meridian. Zwischen zwei aufeinander folgenden Fluthen sind etwa $12^1/_2$ Stunden. Ihre höchste Stärke erreicht sie jedoch erst $1^1/_2$ Tage nach den Syzygien, weil die Reibung des Wassers an dem Boden des Meeres das Fortschreiten der Fluth verzögert.

Die Fluthen nach dem Voll- und Neumonde, A + B, sind um so höher, je stärker Sonne und Mond wirken, also am höchsten in den Nachtgleichen, wo beide Körper im Aequator sind, am schwächsten in den Sonnenwenden. Die Fluth in den Quadraturen, B — A, ist um so größer, je stärker B und je kleiner A ist, schwächer im entgegengesetzten Falle. Jenes findet in den Sonnenwenden statt, wo die Sonne in höheren Breiten, der Mond im Aequator ist; dieses in den Nachtgleichen, wo der Mond in höheren Breiten ist und am schwächsten wirkt.

In der nördlichen Halbkugel sind die größten Fluthen diejenigen, welche in den Syzygien der Sommersonnenwende nach Mittag, und in der Wintersonnenwende nach Mitternacht statt finden, also im Sommer des Abends, im Winter des Morgens. Die kleinsten aller Fluthen sind in den Quadraturen der Frühlingsnachtgleiche vor Mittag und in der Herbst-

nachtgleiche vor Mitternacht. Die Ursache ist aus dem Vorhergehenden leicht einzusehen.

Wir haben in dieser ganzen Betrachtung angenommen, daß die Erde mit Wasser bedeckt sei und dieses von keinem Hindernisse in seinen Bewegungen gehemmt werde. Diese finden aber in Menge statt: die Reibung der Gewässer an dem Boden und den Ufern, die Inseln, die Klippen, und vor allen die großen Landstrecken, durch welche die Oceane fast von allen Seiten eingeschlossen werden, beschränken die Entwicklung dieser Gesetze. Sie werden daher nur auf große Weltmeere passen, und kleine Meere und Landseen, deren verhältnißmäßig geringer Umfang und beschränkte oder ganz fehlende Verbindung mit den Weltmeeren die Bewegung erschweren, haben Ebbe und Fluth gar nicht, oder nur in sehr geringem Maße. In der Ostsee, den großen asiatischen und amerikanischen Landseen ist die Fluth unmerklich, bei Toulon am mittelländischen Meere beträgt sie einen Fuß. Dafür steigt sie aber, unter günstigen Umständen, an manchen Küsten in den Syzygien zu außerordentlichen Höhen, z. B. bei Brest 19 Fuß, bei Bristol 42 und bei St. Malo gar 50 Fuß. Man nennt diese hohen Wasserstände Springfluthen; sie entstehn nicht sowohl durch ein sichtbares Zuströmen des Meeres, sondern durch ein Heben desselben. Diese Größen hängen zwar von der Beschaffenheit der Ufer ab, beobachten aber in ihren verhältnißmäßigen Größen die oben entwickelten allgemeinen Gesetze. So fand man z. B. in Brest, als daselbst auf Laplace's Veranlassung Beobachtungen angestellt wurden, im Durchschnitt von mehreren Jahren folgende Resultate: die größte Höhe der Fluth über die Ebbe in den Syzygien der

Nachtgleichen	19′27
in den Syzygien der Sonnenwenden . . .	16 98
die kleinste Höhe in den Quadrat. der Nachtgleichen	7 49
die kleinste Höhe in den Quadrat. der Sonnenwenden	9 68

Die Höhe scheint in den freien Meeren im Durchschnitt 3 Fuß zu betragen, z. B. am Vorgebirge der guten Hoffnung, bei Guinea, Sumatra, Martinique 4 Fuß; bei Cumana nur 13 Zoll, Vandiemensland 18 Zoll. Auffallend niedrig in Otaheite 12 — 14 Zoll. In den amerikanischen Polarmeeren fand Parry starke Ebbe und Fluth, obgleich sie sonst über 65° nicht mehr einzutreten pflegen. Auch in Ströme erstreckt sich die Fluth aus den Oceanen, z. B. in den Maragnon 120 Meilen weit; in kleinere Flüsse nach Verhältniß ihrer Mündung.

Bei nicht ganz freier Bewegung finden auch in der Zeit der Fluth Unregelmäßigkeiten statt, z. B. in St. Malo 6 Stunden, bei Dieppe 10½ Stunden nach der Kulmination des Mondes. Von dieser Zahl und dem Mondlaufe sind nun die übrigen Zeitbestimmungen abhängig; man nennt sie deshalb die Hafenzeit (Etablissement du port).

In offenen Meeren sind die Zeiten, in welchen das Wasser steigt und fällt, einander gleich; in gleichen Zeiten nach dem höchsten oder niedrigsten Stande hat das Wasser gleiche Höhe. An den Ufern finden aber wol Ausnahmen davon statt, z. B. bei Brest gebraucht das Meer zuweilen 14½ Minuten mehr Zeit zum Fallen als zum Steigen.

Dieses sind die vorzüglichsten Erscheinungen der für den Seefahrer so sehr wichtigen Ebbe und Fluth. Wie er auf dem hohen Meere die Gestirne zu Führern wählen muß, so hängt seine Fahrt an den Küsten

und Häfen nicht minder von der genauen Kenntniß der Ebbe und Fluth ab, und mancher Kanal bietet dem Schiffer während der Fluth eine bequeme Straße dar, die ihm während der Ebbe höchst verderblich sein würde.

Den alten Griechen war die Ebbe und Fluth eine unbekannte Erscheinung. Das Mittelmeer, das sie allein beschifften, zeigt sie fast gar nicht; erst als Alexander nach seinen Eroberungen in Indien eine Heeresabtheilung zu Schiffe aus dem Indus durch den indischen Ocean nach dem persischen Meerbusen zurückschickte, lernte man sie kennen. Genauer wurde sie noch durch die Eroberungen der Römer, vorzüglich Cäsars, in Gallien und Spanien, bekannt. Aber wenn sich auch während zweier Jahrtausende die Erfahrungen über das regelmäßige Steigen und Fallen des Meeres häuften, so war es doch erst Newton, der darin eine nothwendige Folge seiner Lehre von der Anziehung der Körper erblickte. Er deutete jedoch mehr die Untersuchung an, als daß er sie selbst ausführte; dieses war La Place vorbehalten, dessen theoretische Forschungen durch die sorgfältigen Beobachtungen im Hafen zu Brest und andren Häfen bestätigt worden sind.

Mit noch weit geringerer Sicherheit läßt sich die wirkliche Strömung der Oceane von Ost nach West erklären. Die Ebbe und Fluth, die nur an Ufern ein Aufstauchen des Wassers veranlaßt, kann sich nicht sowohl als Strömung, sondern nur als Hebung des Wassers zeigen, wie überhaupt das Meer, trotz seiner Beweglichkeit, sich nur wenig fortbewegt und bekanntlich ein auf eine Welle gelegtes Brett, das Log, meistentheils so ruhig liegt, daß man nach der Entfernung, in der sich das Schiff nach einer gewissen Zeit, etwa ½ Minute, davon befindet, die Ge-

schwindigkeit des Schiffes mißt. Wahrscheinlich wird sie durch eine andre sehr allgemeine Strömung von den Polen nach dem Aequator hin veranlaßt, deren Ursachen zwar nicht ganz bekannt sind, wobei jedoch die physikalen Eigenschaften des Meers, z. B. sein specifisches Gewicht, von Einfluß zu sein scheinen. Die Gewässer der Polarmeere kommen aus der höheren Breite, wo die Achsendrehung den Körpern der Oberfläche nur eine geringe Geschwindigkeit nach Osten ertheilt, in Gegenden, wo diese viel bedeutender ist. Das Wasser der Strömung rückt daher nicht so schnell nach Osten vor, als die übrigen Theile der Erdoberfläche, und scheint sich also nach Westen hin von ihnen zu entfernen, so wie Jemand, der einem Haufen sich nach Osten bewegender Menschen nicht rasch genug folgt, sich diesen nach Westen hin zu bewegen scheint. Sie zeigt sich nur bei sehr ausgedehnten Oceanen, und wird so sehr durch die Kontinente gehemmt, daß man ihre Wirkungen nur durch die genauesten Forschungen erkennen kann. Durch das Brechen der Wogen des Atlantischen Oceans an den südamerikanischen Küsten entsteht der Golfstrom, der reißend schnell längs den Gestaden des Mexikanischen Meerbusens fortströmt, die großen Massen fortgerissenen Sandes bei Newfoundland, wo seine Geschwindigkeit gemindert wird, niederfallen läßt, und dadurch die große Bank gebildet hat und noch vergrößert, von da in zwei Arme getheilt, theils manche Erzeugnisse der heißen Zone an die irländischen und schottischen Ufer wirft, theils sich nach mancherlei Windungen an der Küste von Afrika mit dem Hauptstrome von Afrika nach Amerika wieder vereinigt, nachdem er einen vollen Kreis beschrieben hat. Aehnliche Erscheinungen zeigen sich in andren Theilen der Erde; die genaue Entwickelung der Meeresströme liegt indeß außerhalb unseres jetzigen Planes.

Es ist ein natürlicher Gedanke, daß dieselben Ursachen, welche auf das Meer so heftig einwirken, auch auf die Atmosphäre von bedeutendem Einflusse sein müssen; aber das Maß des Luftdrucks, das Barometer, zeigt kein bemerkbares Steigen oder Fallen, welches auch durch Laplace's theoretische Untersuchungen bewiesen wird, wonach die höchste durch die Anziehung der Himmelskörper veranlaßte Schwankung nur 0,28 Linien beträgt. Während beim Meere die Einwirkung vorzüglich im Steigen des Wassers bestand, besteht sie bei der Atmosphäre in vermindertem Luftdruck, also im Fallen des Barometers; die Entfernung der Erde und des Mondes wurde durch die Anziehung der Sonne vergrößert (S. 193). Daß aber alle diese Erscheinungen aus ähnlichen Ursachen entspringen wird ein jeder meiner Zuhörer nach einigem Nachdenken überzeugt sein.

Bedeutender auf die Bewegungen oder Strömungen der atmosphärischen Luft ist der Einfluß der Wärme. Die an der Oberfläche des Aequators erwärmten Theile der Luft steigen in die Höhe, dehnen sich dort nach allen Seiten aus, und ihre Stelle nehmen sogleich die unteren Schichten der benachbarten Luft ein; der Verlust, den diese erleiden, wird wiederum größtentheils durch Zufluß niedriger benachbarter Luftschichten ersetzt u. s. w. Da am Aequator das Steigen fast unaufhörlich statt findet, so entsteht dadurch eine Strömung der oberen Luft nach den Polen und eine Strömung der niedrigeren nach dem Aequator, die sich in der nördlichen Halbkugel als Nordwind, in der südlichen als Südwind zeigen wird *). Diese

---

*) Wir können uns aus diesem Ursprunge der Winde erklären, wie z. B. ein Nordostwind oft früher in Lissabon als in Petersburg bemerkt werden kann.

kommen mit einer geringeren Drehungsgeschwindigkeit in niedrigere Breiten, und bleiben daher, aus denselben Ursachen, wie das Wasser, nach Westen zurück: aus dem Nordwinde entsteht dadurch ein Nordostwind, der, je mehr sich die Luft dem Aequator nähert, zum Ostwinde wird; aus dem Südwinde wird ein Südostwind, der sich fast in einen Ostwind verwandelt. Da sie in der Nähe des Aequators ihre ursprünglichen Richtungen noch nicht ganz verloren haben mögen, so stoßen die Nordost- und Südostwinde zusammen; nach Norden und Süden wirken sie einander entgegen, die Richtung nach Westen ist beiden gemeinschaftlich, und sie werden sich daher als Ostwinde zeigen. Man kann indeß nicht zweifeln, daß so große gegen einander strömende Luftmassen sich nicht ganz friedlich mit einander mengen werden, daß der Kampf durch die verschiedene Erwärmung der beiden Halbkugeln im Sommer und Winter noch vermehrt wird, und daß furchtbare Orkane und Gewitter die Orte dieses Zusammentreffens bezeichnen werden. Die Strömungen in der obern Luft, die sich fast in Westwinde verwandeln müssen, und wahrscheinlich bei ihrem Zusammentreffen in der Nähe der Pole merkwürdige Erscheinungen veranlassen, sind uns wegen ihrer Entfernung unbekannt.

Die große Höhe, die Beweglichkeit, die scheinbar geringen Hindernisse, die sich der Bewegung der Luft entgegenstellen, schützen sie jedoch nicht vor dem Einflusse der Oertlichkeit. Wälder, Sandwüsten, Eisfelder in Alpen und Polarmeeren, Jahrs- und Tageszeiten ändern die Stärke und Richtung der Winde, und mäßig hohe Berge vermögen schon für ganze Länder ihre Thätigkeit sehr zu mindern. Die ungleiche Erwärmung des Wassers und Landes vermehrt die Unregelmäßigkeit, so daß man besonders in den ge-

mäßigten Klimaten nur durch eine lange Reihe von Beobachtungen die herrschenden Winde kennen lernt; sogar in den heißen Gegenden, wo überhaupt die gigantische Natur den Nebenumständen weniger unterworfen ist und im ganzen Regelmäßigkeit der Winde statt findet, sind jene großen Winde nicht in allen Jahrszeiten merklich.

Die Strömungen des Meeres und der Luft sind von der höchsten Wichtigkeit für die Verbindung der Völker, und selbst für die Kultur ganzer Welttheile. Ja ihnen verdankt z. B. ganz Amerika, wie Humboldt bemerkt, einen Theil seiner Bevölkerung, indem die durch die Ostwinde gefahrlos hingeführten Schiffe eine mühsame und von Vielen gemiedene Rückfahrt haben. So einflußreich aber diese Strömungen auch auf die Entwickelung des Menschengeschlechts sind, so sind ihre Erscheinungen doch erst in neueren Zeiten vollständiger bekannt geworden, und ihre Theorie erwartet noch ihren Newton und Laplace.

Zwölfte Vorlesung.

Die Bewegungen der Trabanten.

Wie der Mond die Erde in elliptischen Bahnen umkreist und ihr auf ihrem Laufe um die Sonne folgt, so werden die entferntern Planeten von ihren Trabanten begleitet. Alle Erscheinungen des Mondes finden auch bei den Trabanten statt, aber sie stellen sich uns auf eine andre Weise dar, da wir sie nicht von dem Mittelpunkte der Bewegung aus, wie beim Monde, sondern aus der Ferne betrachten, so weit unsre Fernröhre es erlauben. Vor der Erfindung derselben, d. h. bis über 1600 Jahre n. Chr., war daher der Mond der einzige Trabant, die übrigen 17 sind eine Entdeckung der beiden letzten Jahrhunderte.

Die Jupiters-Trabanten wurden fast gleichzeitig von Simon Mayer und von Galilei im December 1609 und im Januar 1610 entdeckt, als die ersten Früchte der neu erfundenen Fernröhre. Beide nannten sie, den Beherrschern ihrer Länder zu Ehren, die brandenburgischen und die mediceischen Gestirne; aber statt dieser längst vergessenen Namen sind die des ersten bis vierten Jupiterstrabanten eingeführt; der erste ist der seinem

Hauptplaneten am nächsten stehende, der vierte der entfernteste Trabant.

Von den Saturnstrabanten sind der erste und zweite von Herschel im Jahre 1789 entdeckt; der dritte und vierte 1684 und der fünfte 1672 von Cassini, der sechste 1655 von Huygens und der siebente 1671 ebenfalls von Cassini. Am frühesten ist also der sechste gesehen, dessen Entdeckung auch wegen seiner ausgezeichneten Eigenschaften am leichtesten war, und am letzten die beiden dem Hauptplaneten am nächsten stehenden, welche von dessen Glanze verdunkelt nur durch die besten Fernröhre sichtbar sind.

Am schwersten und nur unter günstigen Umständen als schwache Scheibchen zu erkennen, sind die Monde des Uranus. Wir verdanken unsre Kenntniß von ihnen dem Entdecker des Uranus, Herschel, der den zweiten und vierten zuerst im Jahre 1787, den ersten und fünften i. J. 1790 und den dritten und sechsten i. J. 1794 erblickt hat.

Eine eigene Klasse von Trabanten bilden die Ringe der beiden äußersten Planeten. Massen, die sich sonst als einzelne Kugeln um die Planeten wälzen, haben sich um sie in der Form von Ringen gelegt und umkreisen sie wie Monde. Saturn hat deren zwei und vielleicht noch mehr. Sie waren schon zum Theil durch die ersten Fernröhre sichtbar, aber erst im Jahre 1659 erkannte Huygens ihre Natur, und im Jahre 1798 wurde Herschel von dem Dasein wenigstens zweier Ringe überzeugt. Auch Uranusringe glaubte dieser berühmte Astronom im Jahre 1798 wahrgenommen zu haben, setzt aber ihr Dasein noch nicht außer Zweifel.

Der Planet und seine Monde bilden ein kleineres System für sich, das zwar seine Lage zur Sonne und den andren Planeten beständig ändert, innerhalb seines

eigenen Bezirkes aber gänzlich den Keplerschen Gesetzen gehorcht. Wir kennen jedoch von den Bewegungen der Trabanten nur die Hauptpunkte, denn die Bahnen sind zu sehr entfernt, als daß man die genaue Figur derselben, die nicht sehr vom Kreise abweicht, angeben könnte; nur vom 4ten Jupiterstrabanten konnte bis jetzt die Excentricität bestimmt werden. Wahrscheinlich finden in ihrer Bahn ähnliche Unregelmäßigkeiten statt, wie beim Monde, und vielleicht noch mehr, da sie den nahen und deshalb starken Einflüssen großer Ringe und andrer Trabanten ausgesetzt sind. Auch hat man in dem Jupitersſystem Veränderungen in der Neigung der Knoten, und beim vierten Trabanten eine Bewegung der Apsiden entdeckt. Indeß wirkt die Sonne wegen ihrer Entfernung schwächer, und die Planeten wegen ihrer Größe und Nähe stärker auf ihre Trabanten, als die Erde auf unsren Mond, welches wiederum der Bahn eine etwas größere Regelmäßigkeit gestattet.

Sie haben, wie der Mond, einen syderischen und einen synodischen Umlauf (S. 189, 190): dieser begreift den Zeitraum zwischen zwei Konjunktionen oder Oppositionen der Trabanten und der Sonne, von dem Hauptplaneten aus gesehn. Ist dieser z. B. Jupiter, wobei die Bewegungen vorzüglich aufmerksam beobachtet sind, so nennt man diese Betrachtungsweise jovicentrisch, beim Saturn chronocentrisch, wie bei der Erde geocentrisch (S. 55). Wegen der langsamern Bewegung der entferntern Planeten um die Sonne, und der durch mehrere Umstände verursachten rascheren Bewegung der Trabanten um den Planeten, ist der Unterschied der synodischen und sideralen Umläufe im Ganzen weniger bedeutend als beim Monde.

Von der Erde aus gesehen gestalten sich die Bewegun-

gen der Trabanten sehr einfach. Da sie, wie erwähnt ist, ungleich rascher sind als die des Planeten, so wollen wir von den Bewegungen derselben und der Erde absehn, und nur die veränderliche Lage der Trabanten an der Himmelskugel, oder ihre Veränderungen in Länge und Breite betrachten. Ist der Planet in einem seiner Knoten, und fällt die Ebene der Bahn des Trabanten mit der Ekliptik zusammen, so wird er um den Planeten hin und her schwanken, sich bald nach Osten auf eine gewisse Strecke von ihm entfernen, dann zurückkehren, zwischen uns und dem Planeten als ein dunkler Fleck auf dessen Scheibe durchgehn, sich westlich eben so weit entfernen als früherhin östlich, und dann hinter dem Planeten nach Osten zurückkehren. Die Größe einer ganzen Oscillation beträgt unter den günstigsten Umständen nur 28′ und der Trabant wird in der Nähe des Planeten oft durch dessen größeren Glanz verdunkelt. Sobald aber die Bahn zur Ekliptik geneigt ist, welches in der That immer der Fall ist, so wird sie uns als eine mehr oder weniger zusammengedrückte Ellipse erscheinen, je nachdem der Winkel, den eine von der Erde nach dem Planeten gezogene Linie mit der Bahn macht, kleiner oder größer ist. Steht diese Linie senkrecht darauf, so wird die Bahn kreisförmig erscheinen, fällt sie mit ihr zusammen, so wird sie eine gerade Linie sein und für eine Neigung zwischen 90° und 0° werden alle möglichen Mittelstufen zwischen Kreis und gerader Linie statt finden können. Dieses hängt jedoch nicht bloß von der Neigung der Bahn zur Ekliptik ab, sondern auch von der Lage der Erde und des Planeten in ihren Bahnen um die Sonne.

Die Bewegung der Ringe um ihren Planeten ist, wenn sie statt findet, innerhalb ihrer eigenen Ebene und, wie die Achsendrehung der Himmels-

korper, nur ein Verschieben der Theile in einander, das ein entfernter Beobachter bloß dann wahrnehmen kann, wenn dadurch ausgezeichtete Punkte, Flecken, ihren Ort verändern. Man kann daher die Ringe als eine verkörperte Trabantenbahn ansehen, deren Projektion wir auf der Himmelskugel erblicken, und die Erscheinungen, die sich dort erst nach und nach während eines Trabantenumlaufs zeigen, werden hier auf einmal gesehen.

Der Trabant wird nicht immer vor dem Mittelpunkt der Planetenscheibe durchgehn, sondern bald über, bald unter ihm, bald ganz aus der Scheibe hinaustreten, wo er dann eine Ellipse um sie zu beschreiben scheint. Merkwürdig ist der Ort wo der Trabant in den Schatten tritt, den der Planet von der Sonne aus hinter sich wirft. Es findet alsdann eine totale oder partiale Trabantenfinsterniß statt, die bei den Trabanten und Planeten wahrscheinlich dieselbe Rolle spielt, wie bei uns eine Mondfinsterniß, von uns aber nur unter günstigen Umständen beobachtet werden kann.

Allein diese Finsternisse, die vorzüglich beim Jupiter wahrgenommen werden, haben uns einen sehr wichtigen Punkt der Physik zuerst kennen gelehrt, nämlich die Geschwindigkeit des Lichts. Wenn das Licht gar keine Zeit zu seiner Fortpflanzung gebrauchte, so würden wir die Erscheinungen, so entfernt sie auch sein mögen, immer augenblicklich wahrnehmen; aber wenn dieses auch nicht der Fall wäre, und nur der Ort auf welchem sie sich zutragen, stets ungefähr in derselben Entfernung bliebe, so würden wir dennoch in den Erscheinungen selbst durchaus keinen Unterschied wahrnehmen; nur müßte in diesem Falle alles Licht, wie jeder Ton, mit gleicher Schnelligkeit fortgepflanzt werden. So hörte Biot an dem Ende

einer 1/8 Meile langen Röhre alle Töne eines Musikstückes genau in derselben Harmonie, wie sie gespielt wurden, obgleich 3″ später. Wenn aber der Körper sich bald nähert, bald entfernt, so werden seine Erscheinungen im letzten Falle uns später, im ersten früher sichtbar sein. Die ungeheure Geschwindigkeit des Lichts verhindert uns dieses auf der Erde zu bemerken; Sonne und Mond bleiben stets in fast gleichen Entfernungen von uns, aber bei den Planeten, die zu einer Zeit 42 Mill. Meilen weiter von uns entfernt sind, als zu einer andren, ist der Unterschied sehr bedeutend. Wenn man die Bahnen der Jupitertrabanten nach ihrer mittleren Entfernung von der Erde berechnet, und die Zeit in welcher die Finsternisse in der Opposition und Konjunktion mit der Sonne eintreten, beobachtet, so findet man daß jene 8½ Minuten früher, und diese 8½ Min. später eintreten, als die Tafeln anzeigen, und in den Zwischenzeiten in dem Verhältnisse früher, als Jupiter uns näher ist. Das Licht legt also den Unterschied zwischen der kleinsten und größten Entfernung Jupiters, etwa 42 Millionen Meilen, in 17 Minuten zurück, welches auf 1 Sekunde etwa 40000 Meilen ausmacht, eine ungeheuere, von keiner andern uns bekannten Bewegung erreichte Geschwindigkeit. Diese schöne Entdeckung verdankt man Römer und Cassini und ist späterhin von Bradley durch die Aberration des Lichts bestätigt worden (S. 159).

Da die Trabanten fast dieselbe Lage zur Erde und Sonne haben, wie die Hauptplaneten, so müssen sie dieselben Lichterscheinungen zeigen, wie jene. Allein sie sind so weit entfernt, daß die Phasen selbst an den Hauptkörpern nicht wahrzunehmen sind (S. 176), und die geringe Größe der Trabantenscheiben würde ihre Beobachtung auch bei größerer Nähe unmöglich machen.

Indeß würde z. B. ein nicht zu kleiner Trabant der Venus fast genau dieselben Phasen haben müssen, wie Venus selbst.

Dieses ist das Vorzüglichste von der Trabantenbewegung im Allgemeinen, und ehe wir uns zu den einzelnen Systemen wenden, wollen wir die Elemente der Bahnen in folgenden Tabellen zusammenstellen.

Tab. 1. Entfernungen der Trabanten von den Hauptplaneten, in Theilen des Halbmessers derselben und in deutschen Meilen.

In Halbmessern d. Hauptplaneten.			In deutschen Meilen.		
Erde.	Saturn.	Uranus.	Erde.	Saturn.	Uranus.
60, 31795	Ring. 1,7010	I. 13,120	51844	Ring. 13865	I. 49123
	» 2,4232	II. 17,022		» 19747	II. 64423
Jupiter.	I. 3, 080	III. 19,845	Jupiter.	I. 25081	III. 74302
I. 5, 81296	II. 3, 952	IV. 22,752	I. 58059	II. 32039	IV. 85186
II. 9, 24868	III. 4, 893	V. 45,507	II. 92376	III. 39853	V. 170383
III. 14, 75240	IV. 6, 268	VI. 91,008	III. 147347	IV. 51053	VI. 340743
IV. 25, 94686	V. 8, 754		IV. 259157	V. 71301	
	VI. 20, 295			VI. 165302	
	VII. 59, 154			VII. 481809	

Die Entfernungen sind überall von dem Mittelpunkte des Planeten an gerechnet. Um also zu wissen wie weit es von seiner Oberfläche zu dem Trabanten oder Ringe ist, braucht man nur den Halbmesser des Planeten von den angegebenen Zahlen abzuziehn. Bei dem Saturn sind die Entfernungen vom Mittelpunkte nach der innern und der äußern Oberfläche des Doppelringes angegeben.

Die Entfernungen der Trabanten eines jeden Systems zeigen einen weit geringeren Grad von Regelmäßigkeit als diejenigen der Planeten von der Sonne. Bei Jupiter ist die Kluft zwischen III. und IV. unverhältnißmäßig größer, als zwischen den übrigen, und wie wir sehn werden zeichnet sich IV. auch in andern Rücksichten von den übrigen Trabanten aus. Bei Saturn nehmen I. bis V. sehr langsam zu, aber zwischen V. und VI. ist ein starker Sprung und zwischen VI. bis VII. ein noch größerer. Man könnte vermuthen daß hier noch einige Trabanten den Beobachtern entgangen seien, welches die Entfernung Saturns und die Schwierigkeit die kleineren und schwächeren Trabanten wahrzunehmen auch nicht unwahrscheinlich macht. Noch unregelmäßiger ist der Gang bei Uranus; bei den übrigen Trabanten nahm der Unterschied der Entfernungen mit den Entfernungen zu, bei Saturn betrugen sie:

0,872; 0,941; 1,375; 1,486; 11,541; 38,859

aber bei Uranus:

3,902; 2,823; 2,907; 22,855; 45,501.

Wenn zwischen I. und II. noch ein Trabant ist, so würden die fünf ersten eine ziemlich regelmäßige Reihe bilden; die letzten drei verhalten sich beinahe wie 1:2:4, ein Verhältniß, das auch bei den Planeten das herrschende ist. Daß zwischen IV. und VI. noch andre Trabanten kreisen ist zwar möglich, jedoch nicht

nothwendig. Ob der wegen der Nähe der ersten Trabanten zu einander bedeutende Raum zwischen dem Planeten und I. durch Ringe und Trabanten ausgefüllt ist, ist unentschieden. Von jenen ist eine Spur beobachtet; diese würde man auch mit den besten Fernröhren kaum wahrnehmen, da selbst die entferntern Trabanten nur mit den ausgezeichnetsten Instrumenten gesehn werden können. Vielleicht wird uns in kurzem Struve in Dorpat mit Hülfe seines frauenhoferschen Refraktors nähere Auskunft geben.

Vergleicht man die Anzahl der Trabanten in den verschiedenen Systemen, so findet man daß sie im Ganzen mit der Entfernung der Planeten von der Sonne zunimmt. Die Erde hat nur einen, Jupiter wahrscheinlich vier, Saturn wenigstens sieben ohne die Ringe, und bei Uranus ist die Anzahl ohne Zweifel noch größer. Daß sich bei den übrigen sieben Planeten noch Trabanten finden, kann zwar nicht unbedingt verneint werden, sie müßten aber sehr klein und dem Planeten sehr nahe sein, wenn sie den Astronomen bei der Genauigkeit, womit der Himmel von ihnen gemustert ist, entgehen konnten.

Es ist merkwürdig, daß gerade der Mond, im Verhältniß des Halbmessers seines Planeten, fast am weitesten von diesem entfernt ist, indem er darin nur von dem letzten Uranustrabanten übertroffen wird. Ein Beobachter auf einem der obern Planeten würde ohne Zweifel nach der Analogie schließen, daß zwischen dem Monde und der Erde noch andre Planeten umliefen, die er nur wegen des Glanzes der Erde nicht sehen könne und — würde sich täuschen: eine Warnung für uns, daß wir uns bei Gegenständen, deren Ursache wir nicht einsehn, nicht zu sehr, durch Analogie verleitet, gewagten Vermuthungen überlassen!

Tab. 2. Siderische Umlaufszeiten, Neigung der Trabanten zu der Planetenbahn, aufsteigende Knoten beider Bahnen.

Umlaufszeit.	Neigung.	Aufsteigender Knoten.
Mond.		
27 T. 7 St. 43 M. 11,6 S.	5° 9′ 45″	veränderl.
Jupiterstrabanten.		
I. 1 T. 18 St. 27 M. 33,5 S.	3° 5′ 30″	314° 30′
II. 3 13 13 42,0	3 4 25	314 45
III. 7 3 42 33,4	3 0 30	314 24
IV. 16 16 31 49,7	241 26	316 39
Saturnstrabanten.		
Ring. 4 — 5 St.?		
» 10 32 M.?		
I. 0 T. 22 St. 37 M. 30,1 S.		
II. 1 8 53 8,7	27°	170° 38′
III. 1 21 18 25,9		
IV. 2 17 44 51,1		
V. 4 12 25 11,1		
VI. 15 22 41 13,9		
VII. 79 7 54 37,4	22° 42′	148° 40′
Uranustrabanten.		
I. 5 T. 21 St. 25 M. 20,6 S.		
II. 8 16 57 47,5	etwas mehr	
III. 10 23 3 59	oder weni-	
IV. 13 10 56 29,8	ger als 90°	
V. 38 1 48 0		
VI. 107 16 39 56		

Die Umlaufszeiten sind genau den Keplerschen Gesetzen gemäß; indeß bieten sie bei den drei untern Jupiterstrabanten ein merkwürdiges Verhältniß dar: nämlich die mittleren, in einer gewissen Zeit zurückgelegten Bogen des ersten Trabanten in seiner Bahn um Jupiter, addirt zu dem doppelten Bogen des dritten, ist gleich dem dreifachen des zweiten. Z. B. die tägliche Bewegung

des ersten Trabanten ist	6 Z	23°	29′	30″	38
die doppelte des dritten	3 »	10	38	7	08
Summa	10 Z	4°	7′	37″	46
die dreifache des zweiten	10 »	4	7	27	42
					10″ 04

ein fast verschwindender Unterschied. Ein ähnliches Verhältniß findet zwischen der jedesmaligen Länge der drei Trabanten statt. Im Jahre 1760 war einmal die Länge der drei Trabanten 6 Z 26° 18′ 24″; 4 Z 17° 4′ 48″; 6 Z 12° 27′ 43″. Addirt man die erste Zahl zur doppelten dritten und zieht davon die dreifache zweite ab, 6 Z 26° 18′ 24″ + 12 Z 24° 55′ 26″ — 13 Z 21° 14′ 24″, so erhält man bis auf 34 Sek., 6 Zeichen oder 180°, und dieses findet für jede Lage der Trabanten statt. Der vierte Trabant theilt diese Regelmäßigkeit nicht.

Von den Neigungen der Jupiterstrabanten scheint die des ersten unveränderlich zu sein; die Neigung des zweiten schwankt in 30 Jahren um 55′ 38″; bei dem dritten in 142 Jahren um 24′ 40″, und bei dem vierten in 531 Jahren um 29′ 56″; also weit geringere Abweichungen als bei dem Monde (S. 194). Die in der Tabelle angegebenen Werthe sind die mittleren.

Wegen ihrer Nähe zum Jupiter und der geringen

Neigung ihrer Bahn zu der des Planeten, werden die drei ersten Trabanten bei jedem Umlaufe total verfinstert und verfinstern Jupiter wiederum, nur der vierte entzieht sich der Verfinsterung zuweilen; sie dauert 2 — 5 Stunden und gehört zu den Erscheinungen welche, da sie für alle Erdbewohner in demselben Augenblicke eintreten, zur Bestimmung der Länge der Oerter auf der Erde dienen: sie sind daher in den Ephemeriden voraus berechnet, und die Zeit des Eintritts der Trabanten in die Jupitersschatten, die Immersion, und ihres Austritts, die Emersion, ist genau angegeben. Monatlich sind im Durchschnitt 33 Finsterniſſe der Jupiterstrabanten: 17 des ersten, 9 des zweiten, 5 des dritten und 2 des vierten.

Die drei ersten Trabanten haben beinahe dieselbe Neigung und dieselben Knoten; sie liegen also fast in einer Ebene; auch der vierte entfernt sich nicht weit von ihnen. Sie scheinen daher, von der Erde aus gesehn, fast in einer geraden Linie mit dem Jupiter zu liegen, da die ihnen gemeinschaftliche Ebene nur etwa $3\frac{1}{2}^{\circ}$ zur Ekliptik geneigt ist; so bildet man sie auch in den Ephemeriden ab; z. B. im Decemb. 1822 8 Uhr Abends, Pariser Zeit, war die Lage der Trabanten, wenn 0 den Planeten bedeutet, folgende:

den 20.		4.		3.		02.		1.	
— 21.	4.			2.	1.	0	3.		
— 22.		4.				0	2.	1.	3.
— 23.			4.		1.	0		2.	3.

Sie sind zuweilen bei dem sehr heitern Himmel der Berge und der wärmern Klimate einem scharfen unbewaffneten Auge sichtbar; es ist daher nicht ganz unwahrscheinlich, daß ihr Dasein, wie Turner behauptet, den indischen und tibetanischen Astronomen aus alten Traditionen bekannt ist.

Sehr anziehende Erscheinungen zeigt das System des Saturn. Sein Ring und die sechs ersten Trabanten liegen sämmtlich in derselben Ebene, die aber um den bedeutenden Winkel von 30° zur Saturnsbahn und über 31° zur Ekliptik geneigt ist, daher sie, nach der Lage der Erde und des Saturn, einen sehr verschiedenen Anblick gewähren. Die Ellipse, wie ihre Bahn sich zeigt, ist desto weiter, je größer der Winkel ist, den die Linie vom Auge zum Saturn mit der Knotenlinie der Trabantenbahn und der Ekliptik macht; sie ist höchstens halb so weit als sie lang ist und hat ihre größte Weite, wenn die Länge des Planeten 80° oder 260° ist. Diese große Neigung macht auch die Finsternisse viel seltener als beim Jupiter; und da die Entfernung der Trabanten von uns und ihre Nähe zum Saturn ihre Beobachtung fast unmöglich machen, so hat man sie nur beim vierten Trabanten bemerkt, wo sie, wenn eine genaue Beobachtung möglich wäre, dieselben Erscheinungen darbieten würden wie bei den Jupiterstrabanten.

Aber das merkwürdigste Phänomen im System des Saturn und eines der merkwürdigsten am ganzen Sternenhimmel ist der Ring des Saturn. Schon Galilei und nach ihm viele andre Astronomen bemerkten, daß Saturn fast immer an beiden Seiten in einer kleinen Entfernung zwei kleine glänzende Punkte wie Trabanten habe; genauere Untersuchungen zeigten, daß sie mit Saturn wie ein Paar Henkel zusammen zu hängen scheinen. Huygens erkannte die wahre Ursache, und durch Herschels und Schröters Beobachtungen ist jetzt entschieden, daß es zwei koncentrische Ringe sind, wovon der nächste 4160 Meilen von der Oberfläche des Saturn entfernt ist; seine Breite beträgt 3740 Meilen, und nach einem Zwischenraume von 390 Meilen folgt der kleinere äußere Ring von

2300 Meilen Breite. Ihre Neigung ist entweder dieselbe wie bei den Trabanten, oder ist höchstens 4′ verschieden; die Dicke ist nur 113¼ Meilen groß, und die Gestalt der Ringe nicht eckig — kein Himmelskörper hat eine solche Begrenzung — sondern abgerundet, so daß ein senkrechter Durchschnitt durch Saturn und die Ringe sehr flache Ellipsen zeigt. Der innere Ring besteht vielleicht aus mehreren. Der äußere Ring dreht sich, nach Herschel, in 10½ Stunde um Saturn; Schröter leugnet es zwar, indeß müßte in diesem Falle, nach Laplace, der Ring allmälig zerstört werden. Der innere Ring muß sich, nach desselben berühmten Mathematikers Berechnung, in 4 — 5 Stunden um Saturn drehen.

In seiner Umlaufszeit um die Sonne, welche etwa 30 Jahre beträgt, bietet Saturn nach und nach die Knotenlinie seines Rings, oder die Linie, worin die Ebene des Rings die Ebene der Ekliptik schneidet, in allen möglichen Richtungen der Erde dar. Die Sonne erleuchtet nur die ihr zugekehrte Seite des Ringes; so bald daher dessen Ebene verlängert zwischen der Sonne und der Erde durchgehet, so ist die der Erde zugekehrte Seite unerleuchtet und daher unsichtbar; dasselbe findet in den Momenten statt, wo die Sonne oder die Erde in der Ebene des Ringes ist. Die ihrer Neigung nach unveränderliche Ebene des Ringes ist in ihrer größten Entfernung von der Sonne, wenn ihre Knotenlinie senkrecht auf der von Saturn nach der Sonne gezogenen Linie steht, nämlich 9½ Erdhalbmesser von ihr entfernt; nach 7½ Jahre wird die Ebene des Rings von der Sonne durchschnitten und tritt nachher auf die andre Seite derselben, wo sie nach 7½ Jahre wiederum 9½ Erdhalbmesser von ihr entfernt ist. Ein Raum von der Größe des Erdbahndurchmessers wird daher von ihr in weniger als einem Jahre durchschnit-

ten, und nur in dieser Zeit kann die Ebene des Rings zwischen der Sonne und der Erde durchgehen und er uns unsichtbar sein. Zwar ist der von der Sonne erleuchtete Rand des Ringes uns immer zugekehrt; allein die so äußerst geringe Dicke desselben, etwa $^1/_9$ Sek., reicht nicht hin ihn uns sichtbar zu machen. Nur ein Fernrohr, wie Herschel es besaß, vermochte es, und dann zeigte er sich als ein äußerst zarter Silberfaden, woran die viel breitern Trabanten wie Perlen aufgereiht zu sein schienen. Herschel verlor also den Ring niemals aus seinen Augen. Indeß ist er auch für Andre gewöhnlich nur $^1/_4$ Jahr und unter den allerungünstigsten Umständen in 15 Jahren nur 9 Monate unsichtbar. Durch mittelmäßige Fernröhre sieht man oft nur die Enden des Rings als zwei glänzende Punkte; die übrigen Theile desselben sind unsichtbar, weil ihr Licht, wegen der Entfernung der beiden Arme des Rings, zu schwach ist und von dem Glanze des Planeten verdunkelt wird.

Es ist merkwürdig, daß die Hindostaner den Saturn mit Henkeln abbilden. Sollten sie das Dasein der Ringe schon vor der Erfindung der Fernröhre gekannt haben?

In seiner Bewegung um die Sonne sich den andren Planeten anschließend zeichnet sich Uranus in seinem Trabantensysteme von allen übrigen auf eine auffallende Weise aus. Die Uranustrabanten bewegen sich nämlich in fast senkrecht auf seiner Bahn stehenden Ebenen. Alle bis jetzt von uns betrachteten Himmelskörper bewegen sich in Bahnen die eine geringe Anzahl von Graden zur Ekliptik geneigt sind, und stets von der Sonne oder dem Hauptplaneten aus gesehn von Westen nach Osten, oder von Rechts zu Links, wenn der Beobachter im Aequator oder in der

Ekliptik aufrecht steht, so daß sein Haupt nach Norden gewandt ist. Zwar weichen einige Planetenbahnen und die Bahnen der Saturnstrabanten schon bedeutend davon ab, aber sie sind noch immer rechtgängig. Sobald jedoch die Bahn senkrecht auf der Ekliptik ist, und sich der Stern weder rechtgängig noch rückgängig sondern von Norden nach Süden bewegt, so ist nur eine kleine Aenderung der Neigung nöthig um ihn rückgängig zu machen. Dieses scheint der Fall bei den Uranustrabanten zu sein; indeß kann ihre Bahn selbst nicht mit Herschels Rieseninstrumente, dem einzigen durch das man bis jetzt alle Theile des Uranussystems wahrnehmen konnte, genau bestimmt werden.

Herschel, dem man Alles verdankt, was man vom Uranus und seinen Trabanten weiß, glaubt auch 1798 ein Paar Ringe bemerkt zu haben, die sich rechtwinklig kreuzen. Es wäre, wenn es sich bewährte, ein neues merkwürdiges Phänomen. Es bedarf aber der Bestätigung noch sehr. Vielleicht werden wir sie in kurzem durch die Frauenhoferschen Fernröhre erlangen.

In den Jahren 1645 — 1764 glaubten mehrere Astronomen von Neapel bis Kopenhagen einen Mond der Venus entdeckt zu haben, dessen Durchmesser $^1/_3$ — $^1/_4$ der Venusscheibe betrage, und dessen Lichterscheinungen denen der Venus gleich seien. Seine Lage änderte sich regelmäßig; er schien sich in 9 — 12 Tagen um den Planeten zu drehen. Die Beobachtungen waren an den verschiedensten Orten und Zeiten angestellt, es lag nichts Widersprechendes in ihnen. Friedrich II. schlug vor den neuen Himmelskörper d'Alembert zu nennen, und Lambert entwarf sogar Tafeln für ihn. Aber er ist nicht wieder gesehn worden, und Köhler zeigte sogar, wie durch eine Verschiebung des Okulars im Fernrohre eine ähnliche Er-

scheinung hervorgebracht werden könne. Da man jedoch an andren Himmelskörpern nichts Aehnliches wahrgenommen hat, so liegt, wenn auch kein Mond, doch vielleicht etwas Wirkliches zum Grunde.

Dieses sind die vorzüglichsten Erscheinungen der Bewegungen in der Planetenwelt, und von welcher Seite wir sie auch betrachteten, überall boten sich uns überraschende Ansichten dar. Die hohe Gesetzmäßigkeit in den Verhältnissen der Entfernungen und Umlaufszeiten erregt unser Erstaunen nicht mehr; sie ist seit Newton bewiesen, es mußte so sein; aber die mit der Entfernung der Planeten zunehmende Anzahl der Begleiter; die Aehnlichkeit der einzelnen Planetensysteme mit dem Sonnensystem, daß wie hier die Planeten, dort die Trabanten sich fast in einer Ebene bewegen; die Verschlingung der Bahnen der Asteroiden, die in der Trabantenwelt, und das System der Ringe, das in der Planetenwelt fehlt; der Mond, der uns unter den acht unteren Planeten auszeichnet; das merkwürdige Verhältniß der drei inneren Jupiterstrabanten; die genau in einer Ebene liegenden sechs inneren Saturnstrabanten; die fast senkrecht kreisenden Trabanten des Uranus: alles dieses erregt unsre Anfmerksamkeit um so mehr, weil wir seine Ursache nicht kennen. Allein das Ziel der menschlichen Beobachtungen ist nicht, die Thatsachen zu häufen, sondern ihre Nothwendigkeit einzusehn; und wie wir sie fast sämmtlich dem Fleiße der Beobachter des letzten halben Jahrhunderts verdanken, so mögen sie in dem nächsten halben Jahrhundert aus der Reihe der räthselhaften in die der bewiesenen Erscheinungen übertreten, und indeß ein neuer Vorrath anziehender Erfahrungen für den Scharfsinn der Mathematiker und Physiker gesammelt werden.

Dreizehnte Vorlesung.

Die Sonne.

Mit keinem der Himmelskörper können wir deren Beschreibung würdiger beginnen, als mit jener glänzenden Kugel, die noch in einer Entfernung von 21 Mill. Meilen über die Erscheinungen der Erdoberfläche despotisch gebietet. Obgleich, wie es scheint, nicht größer als der Mond, duldet sie kein andres Gestirn neben sich am Himmel, und kann wegen ihres blendenden Lichts fast nur durch gefärbte Gläser betrachtet werden. Anstatt daß die Bewegung des Mondes stets neue Unregelmäßigkeiten gezeigt hat, je genauer man ihn untersuchte, haben sich fast alle Bewegungen der Sonne nur als Täuschungen bewiesen, und trotz der Vollkommenheit der neueren Beobachtungsweise kennen wir noch keine unbezweifelte Fortbewegung der Sonne im Raume.

Ihre Größe ist aber nur scheinbar der des Mondes nicht sehr überlegen, sie beträgt zwar nur 32′2″9; aber bei der großen Entfernung von 21 Mill. Meilen ist ihr wirklicher Durchmesser 112,4 mal, ihre Oberfläche 12500, und ihr körperlicher Inhalt 1,390,000 mal so groß, wie die der Erde. Ihr Durchmesser beträgt 192,000 Meilen, etwa $^1/_{216}$ der Entfernung der

Erde von der Sonne oder der Erdweite, jede Raumsekunde entspricht etwa 100 Meilen, und ihr Rauminhalt ist 500 mal so groß als der aller Planeten und Trabanten unsres Systems zusammengenommen.

Beobachtet man die Oberfläche der Sonnenscheibe genauer, so findet man sie keinesweges als eine ebene, überall gleich stark glänzende Fläche, sondern sie hat einzelne, oft scharf begrenzte hellere und dunkle Stellen, die beständig ihre Lage auf der Sonnenscheibe verändern und die wir gleich genauer untersuchen wollen. Durch die Bewegung dieser Flecken hat man entdeckt, daß sich die Sonne in 25 Tagen 1 Stunde 0 Min. 26 Sek., in einer $7^{\circ}\,7'\,58''$ zur Ekliptik geneigten Ebene, und zwar von Osten nach Westen, um ihre Achse drehe. Einem Bewohner der Sonne würden sich daher während dieser Zeit dieselben Erscheinungen darbieten, wie uns während des Tages, nur daß die Planeten sich um ihn in derselben Richtung zu bewegen scheinen, wie die Sterne. Die Sonne hat ihre Pole wie ihren Aequator, der die Ekliptik in zwei Punkten schneidet, wovon der aufsteigende Knoten, d. h. derjenige, durch welchen sich die Flecken von dem südlichen nach dem nördlichen Theile der Ekliptik begeben (S. 97), von der Sonne aus gesehn (S. 100) eine Länge von $258^{\circ}\,13'\,5''$, der absteigende Knoten also $11^{\circ}\,46'\,55''$ hat. Dem Erdenbewohner bieten sich die Folgen der Achsendrehung der Sonne minder einfach dar. Der Sonnenäquator zeigt sich ihm als die Hälfte einer sehr zusammengedrückten Ellipse, indem nur der auf der Linie zwischen der Erde und der Sonne senkrecht stehende Durchmesser des Aequators sich in seiner vollen Breite zeigt, der auf diesem perpendikular stehende aber, selbst wenn er am größten ist, noch nicht den sechsten Theil davon beträgt. Die dem Sonnenäquator parallel laufenden Kreise zeigen

sich als ähnliche Ellipsen, und in diesen scheinen sich uns die Flecken von Osten nach Westen zu bewegen. Auch die Dauer der Umläufe erscheint uns größer, denn während die Sonne sich um ihre Achse dreht, rückt die Erde nach derselben Richtung um etwa 25° fort; der Flecken, der in Rücksicht der Sterne seinen Umlauf schon vollendet hat, muß die Erde, die ihr um 25° voraus ist, noch einholen und so dauert jener synodische Umlauf noch 2 Tage und 2 Stunden länger, also etwa 27 T. 3 St.

In der Gestalt dieser Ellipsen, ihren Krümmungen und Neigungen werden durch den Kreislauf der Erde große Veränderungen hervorgebracht. Wenn sie immer in der Ebene des Sonnenäquotors bliebe, so würden dieser und die Parallelkreise sich ihr immer als gerade Linien darstellen, wegen der Neigung derselben findet dieses jedoch nur den 10. Dec. und den 10. Juni statt, wo sich die Erde in der Knotenlinie des Aequators und der Ekliptik befindet; zu jeder andern Zeit beschreiben die Flecken einen mehr oder weniger gekrümmten Bogen. Am 10. December, im aufsteigenden Knoten, scheinen die Flecken sich in einer geraden Linie vom südlichen Theile der Ekliptik nach dem nördlichen zu bewegen. Die Punkte, wo sie erscheinen, die man ihren Osten nennen könnte, sind niedriger als diejenigen, wo sie verschwinden, oder ihr Westen. Allmälig krümmen sich diese Linien und bilden Bogen, deren Krümmung nach dem Nordpol der Ekliptik gerichtet ist: dieses geschieht im Winter und im Frühjahr, aber zu gleicher Zeit ändert sich ihre Breite, und am 10. März sind die Ost- und Westpunkte in gleicher Entfernung vom Aequator. Die Ellipse hat nämlich jetzt ihre größte Weite und die Erde ihren südlichsten Stand unter dem Aequator der Sonne erreicht, der sich daher in der nördlichen Hälfte der uns zugekehrten

Sonnenscheibe befindet, so daß seine Krümmung nach Norden gekehrt ist. Man könnte diesen Stand mit dem Solstitium der Erde vergleichen. Von jetzt an nimmt die Krümmung wieder ab, und am 10. Juni sieht man die Flecken von Neuem als gerade Linien, nur mit dem Unterschiede, daß sie, statt nach Norden, wie sechs Monate früher, jetzt nach Süden gehn. Die Linien krümmen sich wiederum bis die Erde am 10. September den nördlichsten Stand über dem Sonnenäquator, dieser also den südlichsten Stand auf seiner Scheibe eingenommen hat, und nach 3 Monaten, im December, sieht man die Bahnen der Flecken wieder als gerade Linien. Zwar sind die Flecken keinesweges unveränderlich, sie entstehn und verschwinden vielmehr und haben auch eigne, selbst von der Sonne aus sichtbare Bewegungen; jene Bewegung ist jedoch allen gemeinschaftlich und wird nur durch die eigenthümlichen Bewegungen modificirt. Während der 27 tägigen Achsendrehung der Sonne gehn alle Theile ihres Aequators vor unsren Augen über die Scheibe, aber von December bis Juni sehn wir die nördlichen Polarländer der Sonne, die uns in den übrigen Monaten des Jahres unsichtbar sind, wofür wir aber alsdann die uns früher verborgenen Südpolarländer erblicken. Wie auf der Erde kann auf der Sonne die Lage der einzelnen Flecken nach ihrer Entfernung vom Aequator und von einem willkürlich angenommenen Längenkreise bestimmt werden, und ihre Größe durch die Anzahl der Grade die sie auf der Sonnenkugel einnehmen. Der Sonnenäquator hat natürlich, wie jeder Kreis, 360 Grade, wovon aber jeder 1686,4 deutsche Meilen, jede Minute 28,1 und jede Sekunde fast $\frac{1}{2}$ Meile umfaßt.

Auch die Größe der Flecken leidet durch die Achsendrehung einige Veränderungen. Den größten

Raum scheinen sie im Mittelpunkte der Scheibe einzunehmen; je mehr sie sich dem Rande nähern, desto kleiner werden sie. Ein kreisförmiger Fleck in der Mitte wird in der Nähe des westlichen Randes länglich, und eben so tritt er wieder nach 14 Tagen am östlichen Rande hervor, wenn seine Gestalt bis dahin unverändert geblieben ist; dagegen wird ein runder Fleck am östlichen Rande, in der Mitte zu einer in der Richtung des Aequators ausgedehnten Ellipse. Diese scheinbaren Veränderungen dürfen also nicht mit den wirklichen verwechselt werden. Die Gegend, worin die Flecken häufig sind, erstreckt sich nicht 34° über den Aequator hinaus.

Der Halbmesser und der Umkreis der Sonne ist über 100 mal so groß wie die der Erde, da die Umlaufszeit aber nur 25 mal so groß ist, so bewegt sich ihre Oberfläche vier mal so schnell als die der Erde in ihrer Achsendrehung. Daß dieß die einzige Bewegung der Sonne sei, ist zwar nicht unmöglich, aber doch sehr unwahrscheinlich. Erfahrung und Theorie scheinen zu bewähren, daß Achsendrehung nicht ohne fortschreitende Bewegung statt finden könne, und Erscheinungen in der Fixsternwelt machen es ebenfalls wahrscheinlich. Hierdurch bleibt aber die Lage der Sonne zu dem Planetensysteme, das in ihrer Bewegung fortgerissen wird, unverändert; sie tritt vielmehr in die Reihe der Fixsterne ein, und diese Untersuchung bleibt deshalb einer der folgenden Vorlesungen vorbehalten.

Eine Achsendrehung verursacht überall eine Erhöhung um den Aequator und eine Abplattung an den Polen, wie bei der Erde. Theoretische Gründe setzen sie bei der Sonne auf $^1/_{37470}$, also für die Erfahrung unmerklich. Zwar glaubte man gefunden zu haben, daß der Durchmesser der Sonne durch die

Pole sich zu denen des Aequators wie 408:407 verhalte, also eine Erhöhung an den Polen stattfinde, wie bei der durch die Anziehung des Mondes auf den Erdocean hervorgebrachten Gestalt (S. 209); allein dieses beruht wahrscheinlich nur auf Täuschung.

Die Alten hielten die Sonne für eine reine Feuerkugel, eine, wegen der vielen schwarzen und rothen Flecken, die man durch das Teleskop entdeckt, schlecht begründete Meinung. Wäre die Sonne ein entzündeter Körper, wie es irdische Stoffe sind, so müßte sie Licht und Wärme auf ähnliche Art verbreiten, wie unsre irdischen Feuer, welches der Erfahrung völlig entgegen ist. Auch sind wir daran gewöhnt, bei verbrannten Körpern eine Verringerung der Größe wahrzunehmen; die Sonne hat jedoch sehr wahrscheinlich, trotz der ununterbrochenen Austheilung ihres Wärmestoffs, durchaus keine Verringerung ihrer Kraft und ihres Umfangs erlitten. Aber wenn man auch dieses nicht zugeben, und entweder behaupten wollte, daß die Abnahme der Größe im Verhältniß des Sonnenkörpers bis jetzt äußerst gering sei, oder daß die der Sonne sehr nahe kommenden Kometen ihr immer neuen Stoff zuführten, oder endlich daß durch Verbrennung der Körper die Masse durchaus nicht verringert würde, sondern daß Feuer und Licht bloß eine Folge von Vereinigung oder Trennung der Körper sei, welches wahrscheinlich vollkommen gegründet ist: so bliebe dennoch der sehr wichtige Einwurf unbeantwortet, ob denn durch den so lange daurenden und so mächtigen Proceß das chemische Gleichgewicht der Körper, wenigstens an der Oberfläche noch nicht hergestellt sei; und wenn durch uns unbekannte Ursachen die eben mit Wärme- und Lichtentbindung verbundenen Körper sich wieder trennten, so müßten uns

ja die früher gespendeten Stoffe wieder entzogen werden!

Andre hielten die Sonne für eine, aus den edelsten Metallen bestehende, geschmolzene, glühende Masse, und die Flecken für dunkle schlackenartige, auf dem Sonnenkörper schwimmende Haufen, die nach einem längeren oder kürzeren Verweilen einsinken und verschwinden. Man hat nach dieser Hypothese die Erhitzung der Körper, welche sich in der Nähe der Sonne befinden und den Verlust, den diese durch allmälige Verlöschung erleiden würde, berechnet; indeß werden auch durch diese Hypothese, wie wir bald sehen werden, die Erscheinungen nicht erklärt, und sie bleibt ähnlichen Einwürfen unterworfen, wie jene.

Die Meinung des berühmten cordovischen Arztes Averrhoes, Otto's von Guerike u. v. a., daß die Flecken von Kometen oder Trabanten herrühren, die nahe vor der Sonne vorübergehen, wird durch die Ungleichförmigkeit der Bewegung der Flecken widerlegt. Die größte Schwierigkeit bei der Erklärung macht die große Veränderlichkeit der Flecken. Man kann sie nicht, wie bei dem Monde, für Berge, Ebenen und Meere erklären; denn selten überleben sie wenige Umläufe, und ihre Größe, ihre Gestalt, ihre Farbe befindet sich in beständigem Wechsel, ja zuweilen scheint die Sonne ganz frei von Flecken zu sein.

In den neueren Zeiten haben Herschel und Schröter, jene beiden Männer, die sich um die ganze Sternkunde die größten Verdienste erworben haben, und von denen wir mit Stolz sagen können, daß sie Deutsche waren, auch den Zustand der Sonne genauer zu ergründen versucht. Die Sonne ist, nach ihrer Ansicht, ein dunkler, unebener Körper, mit Bergen durchschnitten, die, obgleich über 100 Meilen hoch,

die unsrigen im Verhältniß, an Höhe nicht übertreffen. Ueber ihr erhebt sich eine wol 500 Meilen hohe Atmosphäre, die, wie die unsrige, mit verschiedenartigen Wolken gefüllt ist; aber in der höchsten Region sind die Lichtwolken, die sowohl der Sonne selbst als den andren Körpern des Systems Licht verleihen. In den Flecken, die offenbar tiefer als die allgemeine Oberfläche liegen, zuweilen dem bloßen Auge sichtbar sind, und einen Raum, der die Größe der ganzen Erde oft weit übertrifft, einnehmen, sehen wir entweder den dunklen Körper der Sonne selbst, oder eine weit niedrigere, dunkle, oder doch weniger leuchtende Wolkenschicht, bis neue Lichtwolken sie uns wieder verhüllen.

Betrachten wir die scheinbare Oberfläche der Sonne genauer, so finden wir, von dem schönsten weißen Lichte an, alle dunklen Schattirungen von Grau und Bräunlich. Die ganz dunklen nannte man Kernflecken, die graulichen, Halbschatten. Es finden sich aber auch Stellen, die an Glanz die allgemeine Oberfläche übertreffen; diese nannte man Sonnenfackeln und hielt sie für die Oerter, wo Vulkane früher dunklere Massen ausstießen, aber endlich in Ruhe gebracht uns ihre Flamme zeigen. Man sieht sie vorzüglich in der Nähe der Ränder. Diese Benennungen hat Herschel durch die passendern Benennungen, Oeffnungen, Spalten, Poren u. dergl. ersetzt. Folgendes sind die vorzüglichsten Erscheinungen der Sonnenoberfläche.

Oeffnungen sind diejenigen Stellen, wo die Lichtwolken der Sonne von einander entfernt sind, so daß der dunkle Sonnenkörper sichtbar wird. Sie sind anfangs klein, vergrößern sich allmälig, auch vereinigen sich wol mehrere kleinere zu einer größeren. Sie entstehen wahrscheinlich durch die Strömung eines Gases, das sich von dem Sonnenkörper erhebt und

die Lichtwolken durchbricht. Eine Atmosphäre behält nämlich so lange ihre Durchsichtigkeit, als sie ihr nicht durch fremde Körper geraubt wird; wenn also ein Luftstrom die Wolken vertreibt, so genießt der Sonnenbewohner heiteren Himmel, und wir den Anblick der Sonne. Das Gas bewegt sich dabei nicht nach allen Seiten gleichförmig hin, sondern richtet sich zuweilen schief, so daß die Lichtwolken, nach einer Gegend mehr hingetrieben als zur andern, auf den Seiten dichtere Lichtanhäufungen bilden.

Es findet sich zuweilen ein Unterschied in der Farbe dieser Oeffnungen, der wahrscheinlich durch eine dünne Schicht niedrigerer, höchst veränderlicher Wolken hervorgebracht wird. Vor ihrem Verschwinden werden die Oeffnungen oft von einem Lichtstreif durchbrochen, der sich wie eine Brücke über einen Abgrund darstellt, dessen Tiefe durch ein gutes Teleskop wohl bemerkt wird. Sind die Oeffnungen kleiner, so nennt man sie Poren, die sich gewöhnlich zu Oeffnungen vergrößern, oft aber auch verschwinden. Runzeln oder Falten sind kleine längliche Erhöhungen und Vertiefungen des Lichtstoffs; einige dieser Stellen, wie es scheint niedriger als die andren, sind dunkeler, wodurch die Oberfläche der Sonne ein buntschäckiges Ansehn erlangt. In günstigen Tagen zeigt diese faltige Oberfläche, die Herschel höchst unpoetisch, aber wahr, mit der Oberfläche eines faulen Apfels vergleicht, deutliche Höhen und Tiefen.

Wahrscheinlich rühren diese Lichtstreifen zum Theil von der phosphorescirenden oder erleuchteten Sonnenoberfläche selbst her. In der Mitte der Sonnenscheibe zeigt sich die Unebenheit des Bodens weniger, und läßt sich nur durch vorzügliche Fernröhre deutlich erkennen, indeß in der Nähe des Randes, wo die Unebenheiten sich dem Auge in einer günstigeren Lage

darstellen, sich offenbar Landschaften wie im Monde zeigen. Durch die Wolken der Sonnenatmosphäre werden Gestalt und Lage dieser Runzeln oft verändert.

Minder tief als diese Oeffnungen sind die Halbschatten (Buckeln). Nur die äußere Oberfläche der Lichtwolken ist durchbrochen, und man sieht auf minder erleuchtete Wolken, die aber nicht so dunkel wie der Sonnenkörper sind. Ihre Tiefe ist merklich und bald haben sie Oeffnungen in ihrem Innern wodurch der Kern sichtbar ist, bald nicht. Wahrscheinlich haben nicht ganz senkrecht von dem Sonnenkörper in die Höhe steigende Strömungen sich an der Stelle der Lichtatmosphäre einen Weg gebahnt, der am leichtesten zu durchbrechen war, und die niedrigeren Wolken umgangen: zuweilen sehen sie einer Anhäufung sehr dichter Wolken ähnlich.

Furchen sind lange schmale Erhöhungen der Lichtwolken, welche gewöhnlich die Oeffnungen umgeben, aber auch in andren Theilen der Sonnenoberfläche vorkommen. Sie sind wol 1500 Meilen lang, verschwinden aber bald.

Knoten nennt man sehr kleine und hohe Lichtstellen, die sich nur am Rande der Sonne befinden. Wahrscheinlich sind es Furchen die uns durch die Kugelgestalt der Sonne zusammengedrückt erscheinen.

Nach Cassini und Schröter haben die meisten Flecken vorzüglich am Aequator eine beschleunigte Bewegung, welche sich auf den Aequatorgegenden der Sonne als ein Wind von Westen nach Osten zeigen würde. Die Erdwinde gehen von Osten nach Westen (S. 218).

Von der Sonne aus wird man zuerst die in der niedren Atmosphäre befindlichen Wolken und die mannigfaltigen Bildungen darin erkennen; in viel

höheren Regionen die Lichtwolken, die vielleicht in demselben Verhältniß zur Sonne stehn wie unsre kleinen Schäfchenwolken zur Erde, welche, nach Thienemanns Versicherung, bei völlig dunklen Polarnächten oder in der Mitternacht auch bei uns leuchten, und, wenn dieses in hohem Grade geschieht, das Nordlicht bilden. Das Hinderniß, das uns ihr Licht verhüllt, der Sonnenschein, fällt dort weg, und der weit höhere Glanz der Lichtwolken der Sonne leuchtet auf die Sonne wie auf uns, in so fern nicht die Wolken der niederen Atmosphäre den Glanz derselben mildern, oder sie ganz verhüllen. Durch die Stellen, die für uns Flecken, für die Sonne aber heiterer Himmel sind, sehn die Sonnenbewohner zwar kein glänzendes Gestirn, wie wir, jedoch den ganzen Sternhimmel sich in 25½ Tage, und die einzelnen Planeten in ihren verschiedenen Perioden, um sie drehen. Wenn auf der Sonne die Wesen nicht mit größern Verstandeskräften begabt sind, wie die Erdenbewohner, so werden sie, und mit größerem Rechte als wir, sich in dem Mittelpunkte der Welt glauben, und ihren Körper für den vorzüglichsten aller Himmelskörper halten.

Aber ist es möglich, daß die Sonne bewohnt werde? Diese Frage wurde früher unbedingt verneint. Auf jenem Körper, der noch in so großen Entfernungen ungeheure Hitze verursachen kann, sollte in der Nähe etwas unverbrannt bleiben! Allein die Stärke der Erwärmung hängt von ganz andren Erscheinungen ab, als von der Nähe; der Luftschiffer steigt in immer kältere Regionen, auf den höchsten Bergen ist ewiger Schnee und wenn wir auch die größere Nähe der Bergspitzen nicht in Betracht ziehen können, so müßten sie ja von dem reineren, durch keine dichte Atmosphäre getrübten Sonnenlichte eine größere

Wärme erlangen. Hohe Bergebenen, wie Quito, Persien, Tibet u. a., die in wärmern Zonen gelegen, sich nur durch eine dünnere Atmosphäre von dem Tieflande unterscheiden, haben ein weit kühleres Klima. Kennen wir nun nicht einmal die Ursachen, welche auf der Erde die Wärme und Kälte bedingen; wenn der Sonne oder der Wärme auf gleiche Weise ausgesetzte Körper sich verschieden erwärmen, weil die Farbe oder ein dünner Firniß sie unterscheidet, und alle bis jetzt dafür angegebenen Gründe nur ein Wortschwall sind, welche entweder die Thatsache umschreiben oder gar nichts sagen; wenn wir endlich noch durchaus nicht wissen, was Licht und Wärme ist: wie können wir uns anmaßen, über den Zustand eines fremden Weltkörpers zu urtheilen, von dem wir weder die Bestandtheile, noch den Druck der Atmosphäre, noch die Beschaffenheit der Oberfläche kennen? Und gesetzt, an der Sonnenoberfläche herrsche eine solche Hitze, daß, wenn sie auf der Erde hervorgebracht würde, die Gebilde von Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff, welche wir hier auf der Erde bei den organischen Körpern für wesentlich halten, in ihre Bestandtheile aufgelöst werden würden, ist es darum nothwendig daß dieses auch bei ganz andren atmosphärischen Einflüssen geschehn würde, oder kennen wir etwa kein Beispiel in der Chemie, daß Körper die sich in dem einen Gase trennen, in dem andren unverändert bleiben? Was wir von den Einflüssen der Wärme, des Lichts und der Umgebungen auf das Bestehen und Zersetzen der Körper wissen, beschränkt sich auf eine Anhäufung fast einzelner Erfahrungen, welche nur Unwissenheit verallgemeinern kann. Auf was für Gründen beruhen endlich jene fast ausschließlichen Vorrechte, welche die genannten drei oder vier Stoffe zur Bildung organischer Körper haben? Ehe Er-

fahrung oder Theorie nicht sichere Gründe für jene Behauptung gewähren, müssen wir glauben, daß sie nur für die Erde, und kaum hier gegründet sei, und daß die Lebenskraft, oder wie man jenes große Unbekannte sonst nennen mag, auch in Metallen wohnen könne, die ja nur beziehungsweise von dem Sauerstoffe wie von dem Wasserstoffe oder Kalium verschieden sind.

Das Gesagte gilt für die Sonne, wie für alle andren Himmelskörper; wir werden ihre Erscheinungen betrachten, die das Dasein vernünftiger, oder unvernünftiger organischer Wesen wahrscheinlicher machen könnten, aber nie über die Aehnlichkeit oder Unähnlichkeit derselben mit den Erdbewohnern eine Vermuthung zu bilden wagen.

Es ist möglich, ja sogar wahrscheinlich, daß die größere und geringere Anzahl der Sonnenflecken einen Einfluß auf die Wärme und Feuchtigkeit unsrer Atmosphäre übe. Aus manchen Erscheinungen möchte man sogar vermuthen daß die Wärme unsrer Sommer mit der Größe und Anzahl der Sonnenflecken zunehme. Auch kann es nicht gleichgiltig für uns sein, welche Seite uns die Sonnenkugel zuwendet, wenn sie, wie es scheint, nicht gleichförmig ist. Mancher Witterungswechsel, für dessen Ursache die Periode des daran ganz unschuldigen Mondes gehalten ist, mag vielmehr von der Sonne herrühren, deren synodischer Umlauf nur um 2 Tage von dem des Mondes verschieden ist!

Wir haben noch eine andre merkwürdige Erscheinung zu untersuchen, welche ohne Zweifel durch die Atmosphäre der Sonne verursacht wird, nämlich das Zodiakal- oder Thierkreislicht. Kurz vor Sonnenaufgang oder nach Sonnenuntergang zeigt sich zuweilen im Thierkreise eine Pyramide von weißlichem

Lichte von etwas hellerem Schimmer als die Milchstraße, deren Grundfläche der Sonne zugekehrt ist. Die leuchtende Atmosphäre der Sonne scheint sich in ungeheure Entfernungen zu erstrecken. Zwar kann, nach Laplace, eine mit der Sonne sich wälzende Atmosphäre sich nicht weiter als 0,16733 Erdbahnhalbmesser von der Sonne ausdehnen, also nicht bis zur Hälfte der Merkursbahn reichen, (in dieser Entfernung würde nämlich nach dem dritten Keplerschen Gesetze ein Planet sich mit einer Geschwindigkeit um die Sonne bewegen, die der Achsendrehungszeit gleich käme), dessenungeachtet kann die Atmosphäre sich noch weiter erstrecken. Am Aequator, wo die Schwungkraft am größten ist, scheint sich die Atmosphäre am weitesten auszudehnen; an den Polen aber weit minder, so daß der ganze Sonnenkörper ein linsenartig plattgedrücktes Sphäroid ausmacht, welches sich uns als eine große, den Sonnenkörper von allen Seiten umgebende Ellipse zeigen muß, deren größter Durchmesser die Linie ist, in welcher der Sonnenäquator die uns sichtbare Scheibe schneidet; der kleinste Durchmesser ist die auf jenem senkrechte Linie. Die Größe des letzteren ist nach der veränderten Lage der Erde ungefähr nach demselben Gesetze verschieden, wie die scheinbare Breite des Sonnenäquators, so daß die Atmosphäre, wenn kein stärkeres Licht sie verdunkelte, einem Paar an die Sonnenscheibe sich anschließender Pyramiden nicht unähnlich sein würde. Aber so lange die Sonne über dem Horizonte weilt, oder die Dämmerung noch fortwährt, ist ein so schwaches Licht wie das der Sonnenatmosphäre, das wegen seiner Lage im Thierkreise (S. 3) Zodiakallicht genannt wird, völlig unsichtbar. Es erscheint also nur einige Zeit vor Sonnenaufgang oder nach Sonnenuntergang; in jenem Falle ist nur ein Theil der west-

lichen, in diesem nur ein Theil der östlichen Pyramide sichtbar. Je kürzer die Dämmerung, und je senkrechter die große Achse der Pyramide auf unsrem Horizonte steht, oder je mehr sich diese nach dem Zenith erstreckt, desto schöner glänzt das Zodiakallicht. In der heißen Zone werden alle diese Bedingungen oft erfüllt, und es erstreckt sich dort zuweilen über den Zenith hinaus. Bei uns ist der günstigste Zeitpunkt am Ende des Februar und am Anfange des März, Abends, wo dasselbe sich als eine nicht scharf begrenzte Pyramide, deren Achse mit unserm Horizonte etwa 60° macht, am westlichen Himmel zeigt. Nach völlig geendigter Abenddämmerung ist es am besten zu erkennen. Des Morgens ist der Winkel alsdann nur 21° und dasselbe daher nicht sichtbar. Auch ist es im Oktober des Morgens vor der Morgendämmerung am östlichen Horizonte zu erkennen. Die Spitze ist bald 100°, bald nur 45° von der Sonne entfernt, die sichtbare Breite ist zwischen 8° und 30°. Nach einer leichten Berechnung geht es über die Marsbahn hinaus, und wir befinden uns oft mitten in der Sonnenatmosphäre.

Eine Wirkung des Zodiakallichts, oder vielmehr das Zodiakallicht selbst, sieht man in den totalen Sonnenfinsternissen; denn selbst wenn der Mond die Sonne an scheinbarer Größe weit übertrifft, sieht man noch rund um die verfinsterte Sonne einen schwachen Lichtkreis, der sich bis über 4° um sie erstreckt und allmälig sich in Dunkelheit verliert. Zuweilen soll das Licht kegelförmig gewesen sein. Indeß können diese Erscheinungen, wenigstens wo das Licht kreisrund war, auch von andren Ursachen herrühren.

Vierzehnte Vorlesung.

Die Planeten.

Von dem Körper, der sich durch seine überwiegende Größe und seinen höheren Glanz zum Herrscher des Sonnensystems aufgeworfen hat, wenden wir uns zu den Körpern zweiter Klasse, den Planeten. Ihre Verhältnisse zur Sonne, ihre fortschreitenden Bewegungen haben wir oben entwickelt; hier bleibt uns nur noch ihre Achsendrehung, ihre Größe und die Beschaffenheit ihrer Oberfläche zu betrachten übrig.

Wir wollen, unsrer Gewohnheit gemäß, die Hauptpunkte in Tabellen zusammenstellen, und dann in Anmerkungen die Größen vergleichen.

Tab. 1. Größe der Sonne und der Planeten.

	Durchmesser. in deutschen M.	Erde = 1.	Oberfläche. Erde = 1.	Rauminhalt. Erde = 1.
Sonne	192000	111,7	124,80	1395000
Merkur	600	0,35	0,123	0,043
Venus	1680	0,98	0,96	0,94
Erde	1719	1,00	1,00	1,00
Mars	915	0,53	0,28	0,15
Vesta	60?	0,035	0,0012	0,00004
Juno	300?	0,175	0,031	0,0054
Ceres	350?	0,20	0,040	0,0080
Pallas	400?	0,23	0,053	0,0122
Jupiter	19300	11,20	125,40	1405
Saturn	17200	10,00	100,00	1000
Uranus	7500	4,40	19,4	85

Oberfläche der Erde = 9261900 Quadr. M.; Rauminhalt = 2650 Mill. Sämmtliche Angaben nur ungefähr.

Tab. 2. Größe des Sonnendurchmessers, von den Planeten aus gesehn: 1. in Sekunden; 2. ihr geocentrischer Durchmesser = 1; Oberfläche der Sonnenscheibe, von den Planeten aus gesehen, die geocentrische = 1; dasselbe ungefähr. Verhältniß der Größe des Durchmessers und der Scheibe der Sonne im Perihelium und Aphelium; mittlere heliocentrische Größe der Planetenscheiben.

	Durchmesser der Sonne. in Sekunden.	Erde = 1.	Oberfl. d. Sonne. Erde = 1.	Verhältniß d. Aphelium zum Perihelium des Durchm.	d. Scheibe.	Mittlerer heliocentr. Durchm.
Merkur	4967″7	2,5827	6,6701 = 7	2 : 3	4 : 9	15″ 5
Venus	2658, 5	1,3825	1,9113 = 2	75 : 76	37 : 38	23, 1
Erde	1922, 9	1,0000	1,0000 = 1	29 : 30	14 : 15	17, 1
Mars	1281, 1	0,6563	0,4307 = 2/5	4 : 5	3 : 5	6, 0
Vesta	814, 9	0,4237	0,1796 = 1/6	5 : 6	2 : 3	0, 25
Juno	720, 8	0,3748	0,1405 = 1/7	4 : 7	1 : 3	1, 14
Ceres	695, 4	0,3616	0,1308 = 1/8	6 : 7	3 : 4	1, 26
Pallas	694, 9	0,3614	0,1306 = 1/8	11 : 18	3 : 8	1, 63
Jupiter	369, 6	0,1922	0,0369 = 1/30	10 : 11	5 : 6	38, 2
Saturn	201, 6	0,1048	0,0110 = 1/90	19 : 21	9 : 11	17, 1
Uranus	100, 1	0,0521	0,0027 = 1/360	10 : 11	5 : 6	3, 9

In der ersten Tabelle erregen die vier Mittelplaneten wiederum vorzugsweise unsre Aufmerksamkeit; es sind die kleinsten unter den Planeten, und Vesta ist, wie wir sehen werden, der kleinste uns bekannte Körper im ganzen Sonnensystem, also der kleinste Himmelskörper, den wir kennen. Seine ganze Oberfläche kommt etwa Deutschland gleich, und sein körperlicher Inhalt ist der 25tausendste Theil der Erde. Der Umfang, die Größe der Längen- und Breitengrade stehn in demselben Verhältnisse wie der Durchmesser. Die andren 3 Asteroiden übertreffen sie zwar an Größe, Pallas sogar um das 30fache; aber alle vier zusammengenommen erreichen noch nicht die Größe des kleinsten der übrigen Planeten, des Merkur, und übertreffen selbst, wie wir sehen werden, den Mond nur wenig. Auf sie folgt der größte Planet, Jupiter, der, die Vesta 40 Millionen mal übertreffend, auch noch fast 1600mal so groß ist als die Erde. Der Größe nach ist ihre Ordnung folgende: ♃, ♄, ♅; ♆, ♀, ♂; ☿, ♁, ♃, ⚳, ⚶. Unsre Erde gehört also zu den vornehmsten Planeten, ist aber von Venus nur sehr wenig verschieden. Merkur und Mars stehn auch durch ihre geringe Größe, wie durch ihre starke Excentricität, den Asteroiden näher. Die Erde und Venus, bei denen sie im geringsten Grade statt findet, sind sich auch in Rücksicht ihrer Größe einander sehr ähnlich, und die drei obersten Planeten, durch eine größere Anzahl von Trabanten, und fast gleiche Excentricität ausgezeichnet, stehn auch hier am Anfang der Reihe. Die Oberfläche der Sonne ist 90mal so groß als die des Jupiter, und 60mal so groß als die aller Planeten zusammengenommen; ihr Rauminhalt übertrifft den des Jupiter fast 900mal, und den aller Planeten zusammengenommen 600 mal. Von

welcher Seite wir also das Sonnensystem betrachten mögen, die Sonne ist den übrigen Körpern immer weit überlegner noch, als diese es ihren Trabanten sind. Uebrigens finden zwischen den Beobachtungen der ausgezeichnetsten Astronomen bedeutende Unterschiede in der Größe der Planeten statt; am stärksten sind diese bei den vier kleineren.

Die Zahlen der zweiten Tabelle hängen nun von der Entfernung und wirklichen Größe der Sonne ab; wir haben sie aber hier aufgeführt, weil sie von der größten Wichtigkeit bei dem Einflusse der Sonne auf die Planeten sind. Die erste und zweite Rubrik bezieht sich bloß auf den Durchmesser der Sonne; die letztere enthältdie verhältnißmäßige Größe der Sonnenscheibe auf den Planeten und auf der Erde, wodurch zugleich die Menge des Lichts angegeben wird, die ihnen unter gleichen Umständen von der Sonne gespendet wird; denn die Stärke des Lichts, das uns ein Körper gewährt, nimmt ab, wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen. Wenn ein Licht, das einen Fuß von einem Gegenstande entfernt ist, ihn bis auf einen gewissen Grad erleuchtet, so werden bei zwei Fuß Entfernung vier Lichter, bei drei Fuß Entfernung neun Lichter nöthig sein; ein Licht leuchtet also nur $1/4$ oder $1/9$ so stark, als früher. In demselben Verhältnisse der Quadrate der Entfernung nimmt auch die scheinbare Größe der Scheibe ab. Wenn wir nun annehmen dürfen, daß diese mit der Stärke der Wärme im Verhältniß stehe, welches auch wahrscheinlich statt findet, wenn die Beschaffenheit der übrigen Planetenkörper nicht sehr von derjenigen der Erde abweicht, so hätten wir zugleich eine Tabelle für die Erwärmung jener Körper. Merkur empfinge, als der nächste Planet, fast sieben mal so viel Licht und Wärme als die Erde,

und das menschliche Auge würde dort zu gleicher Zeit sieben mal so viel Licht empfangen als hier. Aber thöricht ist es, zu behaupten, daß dort das Wasser der Meere sieden, alle organischen Körper vertrocknen müssen u. dergl.; denn die eigentliche Stärke des Lichts und der Wärme würden sich nicht bestimmen lassen, auch wenn die Atmosphäre des Merkur eben so beschaffen wäre wie die unsrige. Auf dem Saturn dagegen ist der Durchmesser der Sonne etwa vier mal, und auf dem Uranus nur zwei mal so groß, als bei uns Jupiter in seinem höchsten Glanze. Auch könnte es wol sein, daß für die Bewohner der oberen Planeten die Sonne die größern Planeten und Fixsterne nicht verdunkelt, so daß zu gleicher Zeit die Sonne und die Sterne am Himmel leuchten; überhaupt möchte sie dort nicht die unumschränkte Herrschaft üben, wie auf den viel nähern Planeten. Was die Stärke der Wärme und des Lichts betrifft, so lassen sich dort dieselben Betrachtungen anstellen wie beim Merkur, welches jedoch der Phantasie der Zuhörer überlassen bleibe. Die zweite Tabelle enthält nächst der scheinbaren Größe der Sonne auch noch die Verhältnisse ihres Durchmessers und ihrer Oberfläche in der Sonnennähe und Sonnenferne, welche von bedeutendem Einflusse auf das Klima sind.

Die letzte Kolumne enthält die scheinbaren Durchmesser der Planeten, in ihrer mittleren Entfernung von der Sonne aus gesehn, nach den neuesten Messungen. Es ist ein aus der wahren Größe der Planeten und ihren Entfernungen zusammengesetzter Werth, der jedoch für einen Beobachter auf der Sonne, und für die oberen Planeten auch auf der Erde, ihren Rang unter den Sternen bestimmt. Ihre Reihenfolge ist von dem kleinsten anfangend: ☋, ⚳, ☿, ♀, ☉, ♂, ☿, ♃, ♄, ♀, ♃. Unsre Erde gehört also zu

den größten, die vier Mittelplaneten sind die kleinsten, Vesta und Jupiter, die äußersten Glieder der Reihe, verhalten sich wie 1:112. Die Zahlen sind zugleich die doppelte Parallaxe der Sonne auf den Planeten. Diese ist z. B. für die Erde = 8″55.

Eine, zwar für einen äußeren Körper minder auffallende, aber für die Planeten selbst höchst wichtige Bewegung ist die um eine durch ihren Mittelpunkt gehende Achse. Jeder Theil der Oberfläche beschreibt dadurch um die Achse einen desto größeren Kreis, je weiter er davon entfernt ist. Eine völlig gleichförmige Oberfläche bietet einem äußeren Beobachter in jeder Lage immer dieselbe Erscheinung dar, so daß ihre Bewegung ihm nicht wahrnehmbar ist. Sobald aber einige Theile der Oberfläche sich durch Färbung oder Glanz von den übrigen auszeichnen, so wird er den Kreis, den diese um die Achse beschreiben, wahrnehmen können. Solche Theile finden sich aber an allen Himmelskörpern, deren Beschaffenheit eine genaue Beobachtung verstattet, und bei allen ist auch eine Rotation bemerkt worden. Die Zeit, die bis zur nächsten Wiederkehr der Flecken an denselben Ort verfließt, ist die Rotationsperiode. Die Beobachtung ist zwar nicht schwer, jedoch muß man die verschiedenen Seiten, welche uns der Körper durch seine eigene oder unsre Bewegung im Raume zuwenden würde, wohl berücksichtigen. So ist es z. B. nicht durch die Rotation, daß wir alle Theile der Oberfläche eines Körpers sehen, der sich um uns oder um den wir uns drehen; bei der Sonne wurde durch unsere Bewegung die Periode um zwei Tage scheinbar verlängert.

Mittelst der Achsendrehung werden zwei Punkte am Körper durch ihre Unbeweglichkeit ausgezeichnet: es sind die Endpunkte der Achse, und sie heißen die Pole; der auf der Achse senkrechte, größte Kreis ist der

Aequator. Der im Norden der Ekliptik liegende Pol, heißt der Nordpol, der im Süden liegende, der Südpol, und die beiden durch den Aequator begrenzte Halbkugeln die Nord- und Süd-Halbkugel. Diese Eintheilung findet nur dann nicht statt, wenn der Aequator genau senkrecht auf der Ekliptik steht, welches als einzelner Fall höchst unwahrscheinlich ist. Zieht man durch einen willkürlich angenommenen, aber genau bestimmten Ort des Planeten einen ersten Meridian, so kann man jeden Punkt der Oberfläche durch Länge und Breite eben so genau bestimmen, wie auf der Erde. Folgende Tabelle enthält die auf die Achsendrehung sich beziehenden Größen.

Tab. 3. Neigung des Aequators zur Planetenbahn, Umlaufszeit um die Achse, Umlaufszeit um die Sonne in Planetentagen und Geschwindigkeit der Achsendrehung.

	Neigung.	Umlaufszeit oder Tag.	Kreisbewegung um d. Sonne.	Geschwindigkeit in einer Min. in deutschen Meilen.	Jahre ungefähr.
Sonne	»	25 T. 1 St. 26 Sek.	»	18,36	»
Merkur	23° ?	24 St. 0° 50″	87,94	1,31	88 Tage
Venus	71° 55′	23 21 19	230,23	3,76	225 —
Erde	23° 27′ 52″ 9	23 56 4,1	366,26	3,76	1 Jahr
Mars	28° 42′	24 39 21,7	668,79	1,94	2 —
Vesta	»	»	»	»	3½ —
Juno	»	»	»	»	4 —
Ceres	»	»	»	»	4 —
Pallas	»	»	»	»	4 —
Jupiter	3°	9 55 33	10473,85	104,92	12 —
Saturn	30° 5′	10 16 0,4	25149,12	83,07	29½ —
Uranus	90° ?	9 ?	80000 ?	45 ?	84 —

Die ersten beiden Rubriken enthalten Resultate von Beobachtungen. Man zählt die Umläufe, die in einer gewissen längern Zeit statt finden, berücksichtigt die wohlbekannten Bewegungen der Erde und des Planeten, und berechnet daraus die Dauer eines Umlaufs. Man fand z. B. beim Jupiter in 3 Jahren oder 1096 Tagen und 3 Stunden 2652 Umwälzungen; durchs Dividiren erhielt man daraus für eine Umwälzung die oben angegebene Zeit, ohne daß ein kleiner Fehler in den Beobachtungen einen merklichen Irrthum verursachen konnte (vergl. S. 190).

In der ganzen Tabelle fehlen die Zahlen für die vier kleinen Planeten, und auch für den Uranus sind sie höchst unzuverlässig, weil diese Himmelskörper für so feine Beobachtungen zu klein sind; noch weniger genau sind die für die Neigungen angegebenen Werthe.

Die Umlaufszeiten beobachten eine gewisse Ordnung, die aber von der Größe der Planeten ganz unabhängig zu sein scheint; sie ist: ♂, ☿, ♁, ♀; ♃, 24, ♄, so daß die Planeten in dieser Rücksicht zwei scharf getrennte Gruppen bilden: die ersten vier, deren Rotationsperiode oder deren Tag, trotz ihrer Verschiedenheit in allen übrigen Erscheinungen, fast genau 24 Stunden ist, und Jupiter und Saturn — wenn man Uranus seiner Ungewißheit wegen nicht beachten will — wo er etwa 10 Stunden beträgt; die Mittelstufen zwischen beiden fehlen, und es wäre äußerst interessant zu wissen wie sich die vier kleinen Planeten unter einander und zu den beiden Gruppen verhalten. Die Perioden scheinen, wie auf der Erde, völlig unveränderlich zu sein. Da die Größe und Rotation der Himmelskörper, wie wir gesehn haben, von einander unabhängig zu sein scheinen, so ist die außerordentlich große Umlaufszeit der Sonne auffallend,

und erregt die Vermuthung, daß sie durch andre Ursachen als bei den Planeten veranlaßt sei. Ganz regellos scheint die Neigung des Aequators zur Bahn zu sein; zwar ist sie bis jetzt nur bei fünf Planeten mit Wahrscheinlichkeit festgesetzt, bei ♀, ♄, ♂, ☿, 24, zeigt aber keinen Zusammenhang weder mit der Entfernung, noch mit der Größe, noch mit der Dauer des Tages. Venus und Erde, die einander in allen Punkten so ähnlich sind, sind hier weit von einander getrennt; Jupiter und Saturn ebenfalls, und dieser steht nahe bei Mars der sonst nichts Aehnliches mit ihm hat. Allein wenn wir bedenken, daß im Laufe der Jahrtausende die Neigung vielleicht alle möglichen Werthe von 0° bis 90° annehmen könne, welches selbst bei der Erde nicht völlig widerlegt ist oder doch in einem großen Zwischenraume schwanke, so erregt diese Unregelmäßigkeit keine Verwunderung mehr, indem in einigen Jahrtausenden das Verhältniß gänzlich geändert sein kann. Uebrigens gehört die Neigung zu den für den Planeten wichtigsten Gegenständen. Wie bei der Erde wird dadurch die Länge der Jahreszeiten, die verschiedene Länge der Tage, kurz das ganze Klima bestimmt (vergl. S. 152). Am gleichförmigsten sind die Jahreszeiten im Jupiter; die Sonne entfernt sich nur wenige Grade vom Aequator, wo ewiger Sommer herrschen wird, wenn nicht etwa eine starke Luft- oder Wolkendecke, welches auch die Natur der Gase und der Flüssigkeiten, die sie bilden, sei, die Hitze mildert. Zwischen dem Aequator und den Polen ist nun ein allmäliger Uebergang von der Hitze zur strengsten Kälte; dennoch wird nur ein kleiner Theil der Polarländer im Winter völlig ohne Sonne sein. Dieser Winter dauert aber sechs Jahre; Tag und Nacht sind überall fast einander gleich. Wie die Erscheinungen der Wärme und Kälte sich durch die

Atmosphäre gestalten, wie der rasche Umschwung in seiner kaum fünfstündigen Nacht durch Abkühlung wirke, welchen Einfluß die Oertlichkeiten üben, werden wir nie ganz erfahren; aber wir können annehmen, daß die Erscheinungen der Atmosphäre nicht nur am Aequator, sondern auf der ganzen Jupiterskugel weit größere Regelmäßigkeit behaupten werden als bei uns.

Mars und Saturn sind in der Eintheilung der Klimate nicht sehr von der Erde verschieden. Die Länge der Tage und Nächte, die Ausdehnung der fünf Zonen ist fast dieselbe. Das Jahr des Mars ist noch nicht zwei mal so groß als bei uns, aber die Unterschiede der Sonnennähe und Ferne sind bedeutender; sie stehn in dem Verhältniß von 4:5 und die Größe der Sonnenscheibe, und die Menge Licht und Wärme, die Mars von ihr erhält, wie 16:25, oder wie 2:3, welches schon sehr wichtige Veränderungen hervorbringen muß. Es wird daher für das Klima der verschiedenen Breitengrade nicht nur die geographische Breite und die Oertlichkeit wirken, sondern auch die wahre Entfernung der Sonne, wenn sie dem Zenith des Orts am nächsten steht. Das 30jährige Saturnsjahr mit seinem 15jährigen Winter und Sommer muß die Unterschiede beider Jahreszeiten durch ihre Dauer noch weit stärker machen als bei uns. Bei Merkur findet das Gegentheil statt; sein Sommer dauert nur 44 Tage. Sehr wichtig ist aber die Excentricität der Bahn, denn die Sonnenscheibe erscheint im Perihelium über zwei mal so groß als im Aphelium, welches allein schon hinreicht den klimatischen Erscheinungen ein Gepräge zu geben, das von einem bloß durch die Schiefe der Bahn veranlaßten sehr bedeutend abweicht und viel minder regelmäßig ist.

Dieser letzte Umstand findet nun zwar bei der Venus nicht statt; der Unterschied in den Entfernungen ist der unbedeutendste im ganzen Sonnensystem, aber die wahrscheinlich sehr starke Neigung der täglichen und der jährlichen Bahn wird beinahe dieselben Erscheinungen hervorgebracht haben, die wir oben bei der Erde (S. 153) betrachtet haben. Wenn man die Zoneneintheilung der Erde auf die Venus anwenden wollte, so würde sich die heiße Zone nach der Schröterschen Annahme von 72° südlicher bis 72° nördlicher Breite erstrecken, und die kalte Zone 18° vom Aequator beginnen, also heiße und kalte Zone in einander greifen. Die Polarkreise sind dem Aequator näher, als die Wendekreise; die ganze Region von 18° bis 72° Breite hat bald die Sonne im Zenith, bald keine Nacht, und bald keinen Tag. Schon bei 18° Breite würde dasjenige eintreten, was bei uns erst im 66½° eintritt, daß nämlich am kürzesten Tage die Sonne nicht aufgeht. Tag und Nacht nehmen sehr rasch ab und zu, und am Aequator sind zwar immer Tag und Nacht gleich, es ist aber nicht immer Sommer: und wenn die Oberfläche und die Atmosphäre der Venus denen der Erde gleich sind, so wird auch den Aequatorialströmen das Eis nicht unbekannt und die Polarmeere werden nicht immer unzugänglich sein.

Bei Uranus verschwindet nun der Zonenunterschied fast ganz, indem vielleicht selbst in den höchsten Breiten die Sonne im Zenith sein kann; es giebt dort weder Wende- nach Polarkreise, und dem Aequator wie den Polen wird Kälte und Wärme nicht unbekannt sein. Indeß wird die lange Dauer des Jahres den einzelnen Erscheinungen längere Zeit zur Entwicklung verstatten, und wenn auch im Ganzen auf dem Uranus, wegen seiner Achsendrehung, die größte Mannigfaltigkeit in der Witterung herrschen

wird — auch die Excentricität seiner jährlichen Bahn ist nicht ganz unbedeutend, sie bewirkt einen Unterschied in der Lichtmenge wie 4:5 — so werden doch die Aenderungen langsamer eintreten.

Bei den vier kleinen Planeten bringt schon die Excentricität der Bahn bedeutende Veränderungen hervor. Juno und Pallas empfangen in ihrer Sonnennähe drei mal so viel Licht und Wärme als in der Sonnenferne, welches wahrscheinlich auch einen großen Unterschied in dem Klima der Nord- und Südhalbkugeln begründet. Durch die Bewegung der Apsiden, welcher die übrigen Planeten nicht minder unterworfen sind als die Erde, und die Aenderung der Neigung, welche ebenfalls wahrscheinlich überall größeren oder geringeren Schwankungen unterworfen ist, ändern sich die von diesen abhängigen klimatischen Verhältnisse.

Die Kreisbewegung aller Planeten geht, wie bei der Erde, von Westen nach Osten, wovon nur Uranus vielleicht eine Ausnahme macht. Aus ähnlichen Ursachen, wie bei der Erde, ist daher der Sonnentag etwas länger; der Unterschied ist aber desto geringer, je langsamer die Kreisbewegung und je schneller die Achsendrehung ist. Die Zahlen der dritten Rubrik, welche die Anzahl der sideralen Umläufe enthält, die der Planet in seinem Jahre macht, würden etwas kleiner sein müssen, wenn man statt der Sternentage der Planeten ihre Sonnentage genommen hätte; bei der Erde z. B. sind ihrer statt 366,26 nur 365,25. Ihre Anzahl nimmt mit der Entfernung der Planeten von der Sonne zu. Keine deutliche Ordnung beobachten die Zahlen der vierten Rubrik, sie ist: 24, ♄, ♁; ♂, ♀, ☿, ☿. Sie sind gefunden indem die Umkreise der Planeten (S. 254) durch die Dauer der Tage dividirt wurden. Je kleiner der Planet und je

länger der Tag ist, desto langsamer bewegt sich die Oberfläche. Der Uebersicht willen ist noch die ungefähre Dauer des Jahres in Erdentagen und Jahren hinzugefügt.

Vielleicht wünschen einige meiner Zuhörer zu wissen, wie sich die Sichtbarkeit der Erde und der andren unteren Planeten auf den oberen verhalte. Folgende Tabelle enthält die Angaben dazu.

Tab. 4. Mittlerer Werth der größten Elongationen (S. 167) der unteren Planeten von der Sonne, von den oberen Planeten aus beobachtet.

	Merkur.	Venus.	Erde.	Mars.	Ceres.	Jupiter.	Saturn.
☿	32° 21′	»	»	»	»	»	»
♃	22 47	46° 20′	»	»	»	»	»
♂	14 43	28 21	41° 1′	»	»	»	»
♀	8 2,5	15 9	21 11	33° 44′ 5	»	»	»
♄	4 16	7 0	11 5	17 2	32° 8′	»	»
♄	2 19,5	4 21	6 1,2	9 12	16 52	33° 3′	»
☉	1 19,3	2 9,7	2 59,3	4 33,3	8 18	15 44	29° 54′

Die Zahlen bezeichnen die größten Bogen der Himmelskugel, um welche ein Planet in seinem mittleren Abstande von der Sonne von ihr entfernt scheint, wenn er auf einem entferntern Planeten, der sich ebenfalls in seinem mittleren Abstande von der Sonne befindet, beobachtet wird. Merkur, der sich nie über einen gewissen Winkel von der Sonne entfernt, ist für alle Planeten Morgen- und Abendstern; die übrigen Planeten dagegen sind es nur für diejenigen, welche von der Sonne entfernter sind als sie, also Uranus für keinen der uns bekannten Planeten. Die vier Mittelplaneten wechseln die Rollen zuweilen; weil ihre Entfernungen von der Sonne nicht sehr von einander abweichen, ist nur einer von ihnen angegeben.

Wir machen in dieser Tabelle die für die Erde nicht sehr schmeichelhafte Erfahrung, daß sie zwar der Venus und dem Mars einen schönen Anblick gewähren mag, aber dem Jupiter kaum und den beiden letzten Planeten wahrscheinlich gar nicht sichtbar ist. Schon Merkur, dessen Elongation fast 23° ist, wird kaum mit bloßen Augen bemerkt, und wenn auch die Scheibe der Erde etwas größer ist, als die des Merkur, so möchte sie dieser schwerlich an Glanz gleichstehn. Ob aber Jupiter, der auch dem Uranus keineswegs so schön erscheint wie uns, und Uranus selbst nicht auf noch entfernteren Planeten ein ähnliches Schicksal erfahren, ist uns unbekannt.

Die scheinbare Entfernung der Trabanten vom Hauptplaneten ist höchst unbedeutend. Von der Sonne aus gesehn entfernen sich der Mond etwa 8½ Min., die Jupiterstrabanten 2 bis 8 Min., die Saturnstrabanten ½ bis 9 Min. und die Uranustrabanten nur ½ bis 3 Min. von ihrem Hauptplaneten, von

dessen stärkerem Lichte verdunkelt, sie dem unbewaffneten Auge unsichtbar sind.

Topographie der Planeten.

Durch sein blendend weißes Licht und seine Nähe zur Sonne, von der er sich für uns nie über 28° entfernt, zeichnet sich Merkur vor allen übrigen Planeten aus. Zwar ist er wegen seiner geringen Größe und des Glanzes der Sonne dem bloßen Auge fast immer unsichtbar; aber durch die Beobachtungsgabe und die trefflichen Instrumente Schröters konnte er selbst am hellen Tage beobachtet werden. Am nächsten ist er uns und am genauesten kann er untersucht werden, wenn er nicht zu weit von der unteren Konjunktion entfernt ist; er stellt sich alsdann als eine Sichel dar, deren Hörner bald spitzer bald runder sind. Diese Verschiedenheit rührt von Bergen her, die in seiner südlichen Halbkugel eine Höhe von $^1/_{127}$ seines Durchmessers, oder fast 58000 Fuß erreichen, also mehr als zwei mal so hoch wie der Dholagir sind; sie liegen in großen Gebirgsketten unter dem 65 — 70sten Grade der Breite, verflächen sich zwar dem Aequator zu, erheben sich aber wieder in der nördlichen Halbkugel. Seine Abplattung ist unbedeutend.

Die Atmosphäre zeichnet sich durch große Klarheit und geringe Stralenbrechung aus. Man hat nur sehr selten Wolken erblickt; jedoch zeigten sich im Jahre 1801 plötzlich in den mittleren nördlichen und südlichen Breiten große Wolkenzüge die sich 20 — 60 Fuß in der Sekunde von Westen nach Osten fortbewegten und nach $^1/_2$ Merkursjahre wieder verschwanden. Man vermuthet, daß ihre Ursachen denen unseres Höhenrauchs ähnlich sind; Schade nur daß wir auch diese nicht genauer kennen. In diesem ewig heitern Himmel sind jedoch Winde nicht unmöglich,

sie sind sogar wegen der hohen Gebirge wahrscheinlich, und jene Wolkenzüge konnten auch nur durch Winde hervorgebracht werden; aber Körper, die, wie unser Wasser, als Gas in die Höhe steigen und sich daselbst bei einer Temperaturverminderung als Kügelchen oder Bläschen in Wolken sammeln, scheinen zu fehlen. Indeß können die bedeutenden Veränderungen, die Gruithuisen in der Gestalt der Merkurssichel vorzüglich an den Polen bemerkt hat, doch nur von atmosphärischen Verändrungen des Planeten herrühren.

Kein Stern kommt der Venus gleich an scheinbarer Größe und an Glanz: ihr blendend weißes Licht, das sechs mal stärker als das Mondlicht ist, wird zuweilen selbst durch die Stralen der Sonne nicht verdunkelt (S. 173) und ein geübtes Auge erkennt in dem schönen Morgen- oder Abendsterne sogar die Scheibe. Sie verdankt diese Vorzüge ihrer Nähe zur Sonne, zur Erde und ihrer Größe, worin sie der Erde wenig nachsteht. Ihre Abplattung ist unmerklich.

Die Venus ist sehr gebirgig: es finden sich Züge auf ihr, die mehr als 200 Meilen lang sind, ja nach Schröter sind in der südlichen Halbkugel sieben Meilen hohe Berge, welches indeß, nach den neuesten Beobachtungen von Gruithuisen, keine nothwendige Folge der Beobachtung ist, indem die großen Schatten die man in der Nähe von Lichtpunkten erblickt und für eine Reihe hoher Berge hält, auch von einer Reihe niedriger Berge oder Inseln herrühren können, die sich in Ebenen befinden, welche mit Wasser, oder andren das Licht wenig zerstreuenden Stoffen bedeckt sind. Wir werden dieses beim Monde ausführlicher darstellen. Weiße, obgleich an Gestalt veränderliche Flecken, die Gruithuisen an den Polen der Venus bemerkt hat, rühren wahrscheinlich von Wirkungen der Kälte auf die Venus-Oberfläche her. Es darf dieses bei der

Nähe der Venus zur Sonne nicht befremden; denn auch der Marsbewohner möchte für unwahrscheinlich halten, daß die der Sonne viel nähere Erde so große Eismassen an den Polen haben könne, und dennoch findet dieses sogar in höherem Grade statt als bei Mars. Uebrigens brauchen jene weißen Flecken nicht gerade von gefrornem Wasser herzurühren.

Merkwürdig ist der fast immer heitere Himmel der Venus. Zwar ist die Atmosphäre, wie die Stralenbrechung der Venus zeigt, eben so dicht und hoch, ja vielleicht noch höher als die unsrige, und könnte allerdings Wolken und Regen erzeugen, welches man auch wegen des raschen Wechsels der Wärme und der Dauer der Tage und Nächte vermuthen möchte; aber die Venuswolken sind höchst seltne und sehr vergängliche Erscheinungen. Sollte es der Venusoberfläche an Wasser, oder an ähnlichen stark verdampfenden Körpern fehlen? Dann würde man aber die stark glänzenden Gipfel der Polargebirge nicht für Eis- oder Schneemassen halten können. Dasselbe, was uns mit dem Dasein der Venusatmosphäre bekannt gemacht hat, nämlich die Stralenbrechung, deutet durch ihre Ungleichförmigkeit und durch Veränderungen der ganzen Venussichel — denn nur als Sichel ist sie uns zu diesen feinen Beobachtungen nahe genug (S. 172) — die nur, wie bei Merkur, die Folge optischer Täuschungen sein können, auf bedeutende Veränderungen der Atmosphäre; wenn es daher auch an Wolken fehlt, so fehlt es doch gewiß nicht an Stürmen, die sie treiben könnten. Eine Wirkung der Atmosphäre ist die starke Dämmerung; sie zeigt sich uns als ein Streif aschfarbenen, bläulichen Lichts, das sich zwischen der Tages- und Nachtseite der Venusscheibe erstreckt. Aber auch andre, tiefer in der Nachtseite liegende Regionen haben zuweilen einen schwachen

Schein, der vielleicht von einer Phosphorescenz der Venus oder einem nordlicht-ähnlichen Phänomen herrührt. Eine Photosphäre wie diejenige der Sonne, die man auf der Venus bemerkt zu haben glaubte, beruht wol nur auf Täuschung.

Die Erde wird sich im Ganzen einem außerirdischen Beobachter eben so darstellen, wie die Planeten uns. Wie die Venus wird auch sie mit hellen und dunklen Flecken und Streifen bedeckt sein, wird sich aber von ihr durch ihre weit minder klare Atmosphäre auszeichnen. Dunkle Flecken von mannigfaltiger Gestalt und Größe werden kommen und verschwinden, und manche Theile der Erde fast immer mit einer Nebel- oder Wolkenhülle bedeckt erscheinen. Vorzüglich kenntlich wird die Regenzeit in den wärmern Ländern sein, indem sich alsdann ein dunkler Ring parallel dem Aequator um die ganze Erde schlingt und seinen Stand mit dem der Sonne ändert.

Durch sein trübes, feuerrothes Licht, den Astrologen ein Zeichen von Unglück, zeichnet sich Mars auffallend von den untern Planeten aus. Er ist, nach Herschels Berechnung, wie 15:16 abgeplattet, nach Schröter aber nur wie 102:103. Seine Oberfläche ist mit Flecken bedeckt; allein die Höhe der Berge und die Tiefe der Thäler ist weit schwieriger zu bestimmen, als bei Venus, weil er wegen seiner Entfernung immer als volle Scheibe, oder nur wenig kleiner erscheint, und, wie wir beim Monde sehn werden, die sichelförmigen Phasen vorzüglich zur Beobachtung dieser Gegenstände geeignet sind. Indeß sind zwei glänzend weiße Flecken an den Polen merklich; sie sind in den Nachtgleichen des Mars fast einander gleich, werden aber größer, wenn die Sonne sich ihrem höchsten Stande oder der Sommersonnenwende und kleiner, wenn sie sich der Wintersonnenwende

nähert. Auch ist ihre Größe in verschiedenen Jahren ungleich. Sie reichen etwa bis zum 70sten Grad der Breite.

Ein jeder meiner Zuhörer wird sich der Aehnlichkeit dieser Erscheinung mit dem Polareise der Erde erinnern, und es ist die Meinung Herschels, Schröters, Gruithuisens und aller neueren Astronomen, daß sie von Eise, oder einem ihm ähnlichen Körper herrühren. Große weiße Flecken um den Nordpol, wie im Jahre 1822, bezeichneten alsdann einen kalten Winter in der nördlichen Marshalbkugel. Es wäre interessant das uns auf diese Weise bekannte Klima des Mars mit dem der Erde zu vergleichen, und dadurch vielleicht die von der Sonne oder andren allgemeinen Ursachen herrührenden Einflüsse auf die Witterung zu ergründen. Auch über ihn erstreckt sich, wie wir gesehen haben, das Zodiakallicht (S. 250).

Eine andre Klasse von Flecken sind die atmosphärischen. Schröter hat Wolken beobachtet, deren Geschwindigkeit 5 — 47′ in der Sekunde betrug, ganz so wie auf unsrer Erde, aber auch zuweilen einige die sich 90′ in der Sekunde fortbewegten; also fehlt es auch auf dem Mars nicht an heftigen Orkanen. Dem Aequator parallele Streifen, die sich um den ganzen Planeten erstrecken, lassen dort auf gewisse Jahreszeiten und Zonen beschränkte Erscheinungen vermuthen. Alles dieses deutet auf eine nahe Verwandtschaft des Mars mit der Erde, und macht es nicht unmöglich, daß er von Wesen bewohnt sein könne, deren Organisation nicht sehr von denen der Erde abweicht.

Wie in allen übrigen Punkten ist die Gruppe der Mittelplaneten auch in den Eigenschaften ihrer Oberfläche und ihrer Atmosphäre von den übrigen verschieden. Zwar hat es ihre geringe Größe bis jetzt

nicht erlaubt, ihre Rotation, ihre von der Kreisform abweichende Gestalt, oder ihre Flecken zu erkennen; aber ohne Zweifel werden sie auch hierin ihr Eigenthümliches haben.

Der kleinste aller Planeten, Vesta, ist durch sein außerordentlich starkes, ja fixsternähnliches Licht ausgezeichnet. Dieses rührt vermuthlich von einem, das Sonnenlicht stark spiegelnden, vielleicht mit eigenem Lichte scheinenden Boden, oder einer leuchtenden Atmosphäre her. Letzteres ist wegen der starken Lichtwechsel, die sich an keine regelmäßige Periode zu binden scheinen, wahrscheinlich.

Noch plötzlicher und stärker sind die Lichtwechsel der Juno, des excentrischsten aller Planeten. Ihr Licht steht zwar an Glanz dem der Vesta nach, ist aber noch größeren, ganze Monate dauernden Veränderungen unterworfen, welche wahrscheinlich ebenfalls von atmosphärischen Ereignissen herrühren.

Von allen Planeten spielt aber die Atmosphäre bei Ceres und Pallas die größte Rolle, so daß sie ihnen ein kometenähnliches Ansehn giebt. Der Halbmesser der Ceres ist 175 Meilen, und die Höhe der Atmosphäre 65 — 150 M.; bei Pallas ist jener gleich 206 M., und diese über 100. Zuweilen ganz heiter, sind sie nach wenigen Stunden wieder in den Kometennebel gehüllt, dessen Glanz und Größe den stärksten Wechseln unterworfen ist. Der Nebel ist an der Oberfläche der Planeten am stärksten und verliert sich allmälig.

In einem raschen Sprunge wenden wir uns von dem kleinsten zu dem größten aller Planeten, der, obgleich 1000 mal kleiner als die Sonne, dennoch alle übrigen Planeten zusammengenommen an Größe übertrifft. Jupiter kommt zwar der Venus an Glanze nicht gleich, sondern ist gelblich, ist aber nach ihr

der glänzendste Stern am Himmel, dessen Scheibe zuweilen von einem unbewaffneten, aber scharfen Auge zu erkennen ist. Seine rasche Achsendrehung verursacht eine starke Abplattung. Nach Laplace's Berechnung verhält sich der Durchmesser der Pole zu denen des Aequators wie 69:74. Beobachtungen gaben das Verhältniß 9:10, oder 15:16.

Seine Oberfläche ist mit zahlreichen und mannigfaltigen Flecken bedeckt; ob diese aber durch atmosphärische Verdunklungen, Unebenheiten der Oberfläche, oder vielleicht gar fremde, sich um den Jupiter schwingende Körper veranlaßt werden, ist bis jetzt noch unentschieden. Am ausgezeichnetsten stellen sich hier dem Aequator parallele dunkle Streifen dar; bald ist nur einer da, bald sind ihrer 6 oder 8, ein großer trennt sich in mehrere kleinere, kleinere verbinden sich oder verschwinden ganz, werden auch wol durch einen schräg laufenden Streif verbunden; andre dagegen bleiben Jahrelang fast unverändert. Die veränderlichen sind wahrscheinlich Wolkenringe von denen Jupiter wie die Aequatorzone unserer Erde zu gewissen Zeiten umgeben wird. Daß sie sich bei jenem viel weiter nach den Polen erstrecken ist eine natürliche Folge des sehr gleichmäßigen, durch die geringe Neigung des Jupitersäquators veranlaßten Klima's (S. 153). Dieses erklärt auch wol, daß ein dem Mittelpunkte naher großer Streifen so unveränderlich zu sein scheint, denn kleinere Aenderungen könnte man wegen der großen Entfernung Jupiters nicht wahrnehmen, und man braucht nicht anzunehmen, daß es ein Ring sei, der den Jupiter, ähnlich dem des Saturn, umgebe, und nur aus minder festen Stoffen bestehe.

Zwischen den dunklen Streifen sieht man helle Striche, die man leicht für eine unter dem Wolken-

ring hervorblickende, leuchtende, sonnenähnliche Atmosphäre halten könnte, wenn nicht der Schatten der Trabanten als ein völlig schwarzer Fleck über den Jupiter ginge. Es ist daher wahrscheinlich die Planetenoberfläche selbst.

Nächst den Streifen finden sich auch dunkle und helle Flecken. Einige sehr veränderliche sind offenbar wolkenähnliche Gebilde, wie z. B. ein von Schröter i. J. 1787 gesehener, der über 20000 Meilen bedeckte und den Tag darauf wieder verschwunden war. Vorzüglich zeichnen sich die Polargegenden durch Farbenwechsel aus; andre dagegen, die obgleich auch nicht immer sichtbar, jedoch wenn sie es werden immer wieder auf demselben Orte des Planeten erscheinen, gehören dem Planeten selbst an. Einige der veränderlichen hellen Punkte sind vielleicht Kometen die sich um den Jupiter wie andre um die Sonne schwingen. Indeß scheinen die hellen Flecken und Streifen niedriger als die dunklen zu sein, und die ungeheure Jupiters-Atmosphäre — man schätzt ihre Höhe, nach der Größe der Dämmerung, auf 200 Meilen — kann viele uns unbekannte Meteore erzeugen.

Die Oberfläche und die Atmosphäre Jupiters müssen schon durch eine, unsrer Ebbe und Fluth ähnliche Erscheinung, bedeutende Veränderungen erleiden. Zwar ist die Gegenwirkung der Sonne geringer, aber wegen der Nähe, Größe und Anzahl der Monde und der Größe des Jupiterhalbmessers selbst muß die Wirkung derselben ungleich stärker sein als bei unsrer Erde, und wegen der Anzahl und verschiedenen Umlaufszeiten der Trabanten noch weniger gleichförmig. Sie ist am größten wenn die 4 Trabanten und die Sonne mit dem Planeten auf einer graden Linie stehen, es sei in Konjunktion oder Opposition, und kann in andren Lagen fast ganz verschwinden. Die Excentri-

citat und die Ungleichheiten der Trabanten- und Jupitersbahnen erhöhen das Ungleichförmige dieser Erscheinungen noch mehr. Daß furchtbare Orkane die Atmosphäre durchtoben müssen, sieht man aus der schnellen Bewegung der Wolken, die nach Schröter 17 bis 348 Fuß, ja 7350 und 11148 Fuß in der Sekunde zurücklegen, also die Geschwindigkeit der stärksten Erdorkane (119′ in der Sek.), ja selbst die des Schalls (1028′) weit übertreffen. Ihre Hauptrichtung ist, wie bei Merkur und der Sonne, von Westen nach Osten, also von der Erde verschieden, wo Ostwinde herrschend sind (S. 218). Alle diese Erscheinungen machen das Dasein von Bergen und Meeren und thier- und pflanzenähnlichen Wesen auf dem Jupiter nicht unwahrscheinlich. Denn auch die Kraft der Stürme ist, wie wir späterhin sehen werden, wegen der größern Schwere der Körper dort minder furchtbar.

Mit bläulichweißem, matten Lichte, mit Ringen und Trabanten am reichlichsten begabt, zeigt sich uns Saturn, an Größe und Entfernung der zweite Planet unsres Systems. Seine sichtbare Scheibe ist die veränderlichste. Ihre Abplattung ändert sich, nach Schröter, in wenigen Stunden von dem Verhältnisse 12:11 zu dem von 8:7; zuweilen scheint er gar kein Sphäroid zu sein, und nach Herschel ist er sowohl am Aequator als an den Polen eingedrückt, fast viereckig und der größte Durchmesser ist unter 43° Breite.

Er zeigt hellere und dunklere Flecken und Streifen, wie Jupiter, nur daß die letztern, obgleich an Zahl und Farbe veränderlich, im Ganzen sich durch noch größere Beharrlichkeit auszeichnen, als dort. Aus der Stralenbrechung, die man bemerkt, wenn die Saturnstrabanten dem Erdbewohner durch den Planeten verdeckt werden, erkennt man die sehr dichte Atmosphäre des Saturn. Seine Pole zeichnen sich im Winter durch

glänzende Weiße aus, welches an ähntiche Erscheinungen auf Mars, Venus und der Erde erinnert.

Die durch Anziehung der Ringe und Trabanten auf dem Saturn hervorgebrachten ebbe- und fluthartigen Veränderungen sind weniger stark, als man bei einer oberflächlichen Betrachtung glauben möchte. Die Ringe haben zwar wahrscheinlich großentheils die Unregelmäßigkeit seiner Gestalt verursacht; aber ihr Einfluß bleibt sich immer gleich und ist von ihrer Bewegung und derjenigen des Saturn wol wenig abhängig. Die Trabanten dagegen wirken zwar mit sehr verschiedener Stärke; aber die nächsten und wirksamsten sind zugleich die kleinsten. (Wegen des Ringes S. 233).

Von dem Uranus wissen wir sehr wenig: sein Licht ist im Verhältniß seiner Größe ziemlich stark, und seine Atmosphäre wahrscheinlich dicht und hoch, seine Scheibe aber zu klein, als daß die Abweichungen von der Kugelgestalt hätten bemerkt, oder aus der Achsendrehung berechnet werden können. Von seinen Ringen und Trabanten ist uns kaum das Dasein, also noch weniger der Einfluß bekannt.

Funfzehnte Vorlesung.

Der Mond und die Trabanten.

Kein Himmelskörper ist uns seiner eigenthümlichen Beschaffenheit nach so genau bekannt wie der Mond. Sein Durchmesser von 480 Meilen erscheint uns fast einen Fuß, und eine Linie von 40 Meilen einen Zoll groß. Mit einem guten Fernrohre ist eine Strecke von 1000′ noch deutlich zu erkennen; ja selbst viel kleinere, durch Glanz oder Farbe ausgezeichnete Stellen sind uns auf der uns zugekehrten Mondscheibe sichtbar, und keine bedeutende Veränderung in der Lage eines größern Fleckens hätte uns entgehen können. Aber die Lage der Flecken auf der Scheibe bleibt unverändert, und der Mond wendet uns folglich immer dieselbe Seite zu. Man hat daher wol gezweifelt, ob der Mond sich wirklich um seine Achse drehe; wenn wir jedoch unter Fortbewegung eines Körpers eine gleichmäßige Bewegung aller Theile nach einer Richtung hin verstehen, und unter Achsendrehung eine solche, worin einer der Durchmesser eines Körpers seinen Ort nicht ändert, die übrigen Theile aber sich um diesen Mittelpunkt im Kreise bewegen: so hat der Mond allerdings neben seiner fortschreitenden Bewegung auch eine Achsendrehung, so wie ein Mensch,

der sich dergestalt um uns bewegt, daß er uns stets sein Gesicht zukehrt, sich auch nach und nach allen Weltgegenden zuwendet. Würde man dem Monde die Bewegung um die Erde rauben, so würde sein Mittelpunkt ruhen, aber seine Oberfläche sich nach wie vor um denselben drehen, und jedem außerhalb ihrer Bahn gelegenen Himmelskörper, z. B. der Sonne, allmälig alle ihre Seiten zuwenden, so wie es die Erde und alle übrigen Planeten auch in Rücksicht ihres Centralkörpers, der Sonne, thun. Es tritt aber hierbei die sehr merkwürdige Erscheinung ein, daß die Achsendrehungszeit des Mondes genau seiner Umlaufszeit um die Erde gleichkommt, also etwa 27 Tage dauert. Wie bei den Planeten heißen die beiden unbeweglichen Punkte der Oberfläche (S. 260) die Pole, zwischen beiden ist der Aequator, der den Mond in eine nördliche und eine südliche Halbkugel theilt, und zum ersten Meridian wird am passendsten der auf dem Aequator senkrechte Durchmesser der uns sichtbaren Mondscheibe gewählt, von wo aus 90° nach Osten und 90° nach Westen gezählt werden.

Wenn der Mond auf unsrer Erde durch seine Nähe die Ebbe und Fluth hervorbringen konnte, so wird die mächtigere Erde einen noch weit stärkeren Einfluß auf den Mond üben, welcher vorzüglich in einer Verlängerung der uns zugekehrten Mondachse bestehen muß (S. 208). Erwägt man ferner, daß der Einfluß der Erde nicht, wie der des Mondes, vorübergehend, sondern beständig nach derselben Seite hinwirkt, so wird die Mondskugel, wenn sie mit flüssigen Körpern bedeckt ist, oder einmal weich oder flüssig war, sich in ein Sphäroid verwandelt haben, dessen Achse nicht, wie bei der Erde, verkürzt, sondern verlängert ist, und mit der von der Erde nach dem

Mittelpunkt des Mondes gezogenen Linie zusammenfällt; der kleinste Durchschnitt ist die der Erde zugekehrte Scheibe. Zwischen Erde und Mond findet also der Unterschied statt, daß die Anziehung auf diesem nicht ein periodisches Steigen und Fallen hervorbringt, wie die Ebbe und Fluth, sondern daß die von der Erde am wenigsten und am weitesten entfernten Theile sich daurend gehoben haben. Nun wird auch noch eine Abplattung durch die Rotation veranlaßt; diese beträgt aber nach der Theorie nur $^1/_{216000}$ oder etwa 50 Fuß. Die Umdrehungsgeschwindigkeit dieses Ellipsoids ist genau der mittleren Geschwindigkeit des Mondes in seinem Umlaufe um die Erde gleich; denn selbst ein sehr geringer Unterschied in beiden Perioden würde, durch lange Zeiträume gehäuft, uns nicht entgangen sein: aber in den 200 Jahren, daß er beständig mit Fernröhren untersucht worden ist, und, den Beschreibungen nach, seit Jahrtausenden, hat der Mond uns immer dieselbe Oberfläche zugekehrt; sogar die kleine Beschleunigung der Geschwindigkeit des Mondes auf seiner Kreisbewegung um die Erde (S. 194) wird von der Achsendrehung getheilt.

Durch verschiedene Ursachen wird uns im Norden oder Süden, im Osten oder Westen ein Theil der abgewendeten Mondscheibe zugekehrt, wobei zu gleicher Zeit immer ein eben so großer Theil der uns gewöhnlich zugekehrten Scheibe abgewendet wird. Da diese Aenderungen nur kurzen Perioden unterliegen, so nennt man sie Schwankungen, und zwar, wenn sie den Norden oder Süden betreffen, Schwankungen in der Breite, und wenn sie den Osten oder Westen betreffen, Schwankungen in der Länge.

1. Der Mondsäquator fällt nicht mit der Ebene seiner Bahn zusammen, sondern ist 5° zu ihm ge-

neigt (S. 194). Der Radius Vektor — so wollen wir die von dem Mittelpunkt der Erde nach dem des Mondes gezogene Linie nennen — trifft daher die Mondsoberfläche nicht immer im Aequator, sondern ist zuweilen $5^1/_4$ Mondsgrade nördlich oder südlich davon entfernt. Ist nun jener Punkt, der Mittelpunkt der uns sichtbaren Mondscheibe, im Süden des Aequators, so sind alle Polarländer des Mondes innerhalb $5^\circ 15'$ vom Südpol sichtbar, dagegen eine eben so große Strecke um den Nordpol unsichtbar; das Entgegengesetzte findet statt, wenn jener Punkt nördlich vom Aequator liegt. Dieses ist die vornehmste Schwankung in der Breite.

Die Durchschnittspunkte des Mondsäquators und der Mondsbahn haben trotz ihrer Bewegung die merkwürdige Eigenschaft, daß sie immer mit den Durchschnittspunkten der Ekliptik und der Mondsbahn zusammen fallen, oder mit andren Worten: die drei Kreise, die Ekliptik, die Bahn und der Aequator des Mondes, schneiden sich in einer geraden Linie.

2. Die Scheibe kann nur dann unverändert bleiben, wenn die Rotation des Mondes alle Unregelmäßigkeiten der fortschreitenden Bewegung theilt, also in der Erdnähe und den Syzygien rascher, in der Erdferne und den Quadraturen langsamer ist. Dieses findet aber nicht statt; die Rotation ist, wie bei allen Himmelskörpern, sehr gleichförmig, und kommt nnr mit der mittleren Bewegung des Mondes überein. Bewegt sich dieser nun rascher, so wird er in der Rotation zurückbleiben, und an der westlichen Seite ein größerer Theil sichtbar werden; ist die Bewegung dagegen langsamer als die mittlere, so wird an der östlichen Seite ein Theil sichtbar. In beiden Fällen ist an der entgegengesetzten Seite ein eben so großes

Stück abgewandt. Die Größe dieser Veränderung beträgt die Summe aller Gleichungen des Mittelpunkts, also etwa 8°. Dieß ist die vornehmste Schwankung in der Länge; sie offenbart uns im Ganzen 16° von der abgewendeten Mondshälfte. Die Perioden sind die der Gleichungen (S. 193).

3. Diese Erscheinungen würde man auch von dem Mittelpunkte der Erde aus wahrnehmen: da wir uns aber immer in einer großen Entfernung davon befinden, so weicht die Gesichtslinie von unsrem Auge aus mehr oder weniger von dem Radius Vektor ab.

Die Bewohner des Nordpols der Erde sehn von dem Monde, wenn er sich über dem Aequator befindet, 1° mehr im Norden und 1° weniger im Süden. Aehnliches findet am Südpol der Erde statt. Nach den verschiedenen geographischen Breiten des Beobachtungsortes sind diese Werthe verschieden.

4. Durch die Größe der Erde wird auch ein ähnliches Schwanken in der Länge hervorgebracht. Ist der Mond im Zenith des Aequators, so wird man bei seinem Aufgange 1° mehr von seiner westlichen Seite, und bei seinem Untergange 1° mehr von seiner östlichen Seite erblicken, während ein eben so großer Theil an der entgegengesetzten Seite verborgen bleibt. Dieses ist die tägliche Schwankung, deren Größe von der Abweichung des Mondes, der Breite des Beobachtungsortes und dem Stande des Mondes auf seiner täglichen Bahn abhängt.

Diese vier Schwankungen werden also nur durch die Lage des Mondäquators, die fortschreitende Bewegung des Mondes, die Abweichung des Mondes und des Beobachtungsortes vom Erdäquator und die Achsendrehung der Erde veranlaßt, es sind nur optische Schwankungen; eine wirkliche physische, die abwechselnd kleine Theile an den Rändern aufdeckt

und verbirgt, und wahrscheinlich von der nicht immer gleichen Anziehung der Erde auf den unregelmäßigen Mondskörper herrührt, wird nur durch sehr anhaltende Beobachtungen wahrgenommen.

Die andren Trabanten sind zwar zu klein, als daß man auf ihnen deutlich begrenzte Flecken erkennen könnte, daß sie aber bedeutende Flecken haben müssen folgt aus der veränderlichen Stärke ihres Lichts. Man erlangt hierdurch auch ein Mittel ihre Achsendrehung kennen zu lernen, wobei man findet, daß ihre Periode genau mit ihrer Umlaufszeit um den Planeten gleich ist, wie bei dem Monde. Dieß gilt vorzüglich von den Jupiters- und den äußersten Saturnstrabanten; die übrigen sind zu klein und ihr Licht zu schwach, als daß sie bis jetzt deutlich beobachtet werden konnten. Wo also Beobachtung möglich war, fanden wir jenes merkwürdige Resultat bestätigt, und wir können als allgemeines Gesetz annehmen: daß die Trabanten sich in derselben Zeit auch um ihre Achse wälzen, in welcher sie um den Planeten kreisen. Eine allerdings sehr merkwürdige Abweichung von dem Verhältnisse der Planeten zur Sonne, welches wir bisher dem Verhältnisse der Trabanten zum Planeten ziemlich ähnlich halten durften.

Es wird den Astronomen wol nie gelingen die feinen Unterschiede der Schwankungen in den übrigen Trabantensystemen wahrzunehmen; sie finden aber ohne Zweifel statt, und wegen der Nähe und Größe der Planeten unstreitig in weit höherem Grade als bei dem Monde.

Nach Schröter dreht sich der Saturnsring, nicht, wie Herschel glaubt, in $10^1/_2$ Stunde um seine Achse, sondern in derselben Zeit, in welcher sich Saturn um die Sonne dreht. Eine Linie durch die Sonne und den Mittelpunkt des Saturn würde also

den Ring immer in denselben Punkten treffen, die Lage gegen die Sonne, und wegen seiner Entfernung auch gegen die Erde, wäre unveränderlich, und er stände ganz in demselben Verhältniß zur Sonne wie die Trabanten zu den Planeten. Nach Herschel dagegen würde jeder einzelne Theil des Rings sich zwar, wie ein Trabant, in $10^1/_2$ Stunde um den Saturn drehen, ihm aber dabei immer dieselbe Seite zuwenden; der ganze Ring verhielte sich also wie eine Menge an einanderliegender in gleicher Entfernung vom Saturn kreisender Trabanten. Seine Umlaufszeit wäre fast der Rotationsperiode des Saturn gleich, und es währte daher sehr lange bis ihn ein Beobachter auf dem Saturn hätte um sich kreisen sehn. Sind die Zeiten genau einander gleich, so ist für den Saturnsbewohner der Ring noch unveränderlicher, als die Erde für den Mondsbewohner.

Wir stellen, unsrer Gewohnheit gemäß, die vorzüglichsten Zahlenwerthe der Trabanten tabellarisch zusammen.

Scheinbare Größe der Planeten, von den Trabanten aus gesehen; scheinbare Größe der Trabanten von den Planeten aus; Durchmesser der Trabanten in deutschen Meilen.

Größe der Planeten.		Größe der Trabanten.		Durchmesser der Trabanten.	
Erde.	Saturn.	Erde.	Saturn.	Erde.	Saturn.
1° 52′ 35″	I. 37° 54′	31′ 26″ 5	I. 4′ 4″	480	I. 60?
Jupiter.	II. 29 18	Jupiter.	II. 3 2	Jupiter.	II. 60?
I. 19° 48′ 42″	III. 23 36	I. 33′ 16″	III. 10 8	I. 564	III. 108
II. 12 24 51	IV. 18 22	II. 17 13	IV. 7 12	II. 465	IV. 108
III. 7 46 25	V. 13 8	III. 18 59	V. 13 9	III. 818	V. 263
IV. 4 25 4	VI. 5 39	IV. 7 30	VI. 13 16	IV. 568	VI. 633
	VII. 1 57		VII. 4 35		VII. 398

Was von den Uranustrabanten bekannt ist, haben wir schon oben angeführt; für diesen Abschnitt hat die Beobachtung noch keine Ausbeute gegeben, als etwa die scheinbare Größe, unter welcher ihnen Uranus erscheint, die bloß von der Entfernung der Trabanten und der Größe des Planeten abhängt, aber vereinzelt kein Interesse gewährt. Dieses erstreckt sich auch auf die beiden ersten Saturnstrabanten, wobei die angegebenen Zahlen noch sehr ungewiß sind. Auch für die übrigen Trabanten, ja sogar für den Mond, ist die Größe der Durchmesser noch nicht ganz genau bekannt.

Nur bei der Erde scheinen Sonne und Mond von fast gleicher Größe am Himmel, beim Jupiter und Saturn, wo der scheinbare Durchmesser der Sonne 6′10″ und 3′22″ beträgt, steht sie den meisten Trabanten weit nach, und nur ihr ungleich höherer Glanz und ihre immer runde Scheibe zeichnen sie von den Monden aus, die wie unser Mond bald sichelförmig, bald voll sind, aber in weit schnellerem Wechsel, weil ihre periodischen Umläufe größtentheils nur wenige Tage dauren. Einen sehr schönen Anblick müssen die Trabanten dem Jupiter darbieten, wenn ihrer drei oder vier am Himmel prangen: der nächste übertrifft den Mond etwas an scheinbarer Größe, und selbst der entfernteste erscheint dem Jupitersbewohner noch größer als die Sonne. Die so sehr häufigen und totalen Sonnen- und Trabantenfinsternisse auf dem Jupiter (S. 232) erhöhen das Anziehende der Himmelserscheinungen im Jupiters-System noch mehr, und sind auch vielleicht nicht ganz ohne Einfluß auf die Thier- und Pflanzenwelt. Den anziehendsten Anblick von allen Planetenbewohnern haben unstreitig die Bewohner des Saturn. Abgesehen von den sieben Trabanten, von denen die meisten die Sonne weit

an Größe zu übertreffen scheinen, schlingt sich der breite, glänzende Ring um ihren Aequator. In den Polargegenden bis 64° Breite liegt er stets unter dem Horizonte, und ist nur von einem erhöhten Standpunkte aus sichtbar; wenn man sich aber noch einige Grade dem Aequator nähert, so nimmt er am Himmelsäquator eine Breite von 13° ein. Kömmt man dem Aequator noch näher, so wird der Winkel kleiner, und im Aequator selbst würde man ihn nur seiner Dicke nach sehn können, wenn die Sonnenstrahlen auch die innere Oberfläche des Rings erreichen könnten. Ueberhaupt rauben verschiedene Ursachen den Saturninern einen Theil des schönen Anblicks, der, wenn er statt findet, vielleicht zu theuer erkauft ist. Denn so lange die Sonne über der südlichen Saturnshalbkugel weilt, also 15 Jahre hindurch, steht die nördliche Seite des Ringes in Schatten, und in der Nordhalbkugel ist nicht nur der Ring unsichtbar, wenn nicht vielleicht ein schwaches reflektirtes Licht auf ihm, wie auf der Mondscheibe im Neumonde, verbreitet ist, sondern er verdeckt sogar die Sonne für einen großen Landstrich, der noch größer sein würde, wenn das Licht nicht durch den Zwischenraum der Ringe durchblickte, und durch die starke Atmosphäre des Planeten und, wie es scheint, auch der Ringe, weiter verbreitet würde. Aehnliches findet für die Südhalbkugel statt. Auch des Nachts ist der Ring unsichtbar, und man sieht ihn fast nur im Sommer und am Tage, zu gleicher Zeit mit der Sonne, am Himmel, wo er also, durch den Sonnenglanz verdunkelt, nur ein sehr schwaches Licht, etwa wie unser Mond am Tage, haben kann.

Wenn die Trabanten den Planeten einen schönen Anblick gewähren, so wird es von diesen in einem weit größeren Maßstabe erwiedert. Der Mond, den

wir 30 Min. groß sehn, sieht die Erde als eine helle Scheibe von einem Durchmesser von 1° 53′, also mit einer etwa 13 mal so großen Scheibe, als der Mond und die Sonne für uns haben, welche aber nicht einen Kreis um den Mond zu beschreiben scheint, sondern fast unbeweglich am Himmel ist. Da eine Linie von der Erde nach dem Mondsmittelpunkte die Mondsoberfläche fast immer in demselben Punkte trifft, so wird dieser Punkt, der Mittelpunkt der uns zugekehrten Mondshalbkugel, die Erde beständig in der Nähe des Zeniths haben, um den sie vermöge der physischen und der zwei ersten optischen Schwankungen (S. 284) zu oscilliren scheint; aber sie wird ihm nicht immer dieselbe Seite, sondern durch ihre Achsendrehung nach und nach alle Theile ihrer Oberfläche zuwenden. Die an dem Saume der uns sichtbaren Mondshälfte Wohnenden sehn die Erde beständig an derselben Stelle des Horizonts, unter den sie, der Schwankungen willen, zuweilen tauchen wird. Auch ein schmaler Saum der uns abgewendeten Hälfte wird sie zuweilen erblicken, aber dem übrigen Theile ist sie auf immer verborgen, und dessen Bewohner möchten wol die beglückte Halbkugel beneiden, die durch das herrliche Gestirn der Erde auch in der Nacht nicht ganz ohne Licht ist. Vermöge der langsamen Achsendrehung glaubt der Mondsbewohner, daß sich während der Dauer eines siderischen Monats, also in 27½ Tagen, der ganze Himmel um ihn bewege, wie bei uns in 24 Stunden. Dieses ist der Sternentag des Mondes; der Sonnentag ist etwas länger, er ist dem synodischen Monate von 29½ Tagen gleich. Der Mond hat also 15 Tage Tag und 15 Tage Nacht, aber gerade in der Mitternacht des Mittelpunkts der uns zugekehrten Mondscheibe, im Neumonde, glänzt dort die Erde, in Opposition mit der Sonne, in ihrer höchsten Pracht

als Vollerde. Je mehr die Mondscheibe erleuchtet wird, desto mehr nimmt die Erde ab; dem ersten Viertel des Mondes im Sonnenaufgange jenes Punkts entspricht das letzte der Erde, und wenn die ganze uns zugewendete Mondscheibe erleuchtet ist, im Vollmonde oder Mittage, so ist die Erde, deren Glanz auch jetzt in der That dem Mondsbewohner überflüssig ist, dunkel: es ist Neuerde. Diese Lichterscheinungen der Erde haben also genau dieselbe Periode wie die des Mondes, nur daß der erleuchtete Theil derselben verhältnißmäßig so groß ist wie der unerleuchtete der Mondscheibe. In welchem Zusammenhange die Phasen der Erde mit den Tageszeiten der übrigen Mondestheile stehn, wird der Zuhörer leicht selbst entwickeln können.

Wie bedeutend übrigens die Mondnacht von der Erde erhellt wird, sieht man aus dem schwachen aschfarbenen Lichte der unerleuchteten Mondscheibe im Neumonde; es rührt von dem Lichte her, welches die Tagesseite der Erde auf den Mond zurückstralt. Auch wird uns die Stärke des von der Sonne auf die Erde, und von dieser wieder auf den Mond gesendeten Lichts nicht befremden, wenn wir erwägen, wie sehr selbst der Vollmond unsre Nächte zu erleuchten vermag.

Einen merkwürdigen Anblick müssen dem Seleniten die Finsternisse gewähren. Was wir Mondfinsternisse nennen, möchten ihnen Sonnenfinsternisse sein; in der Neuerde, wo die Sonne fast im Zenith des Mittelpunkts unsrer Mondscheibe steht, wird dann und wann eine Verfinsterung der Sonne eintreten, die fast immer total, nie ringförmig ist, weil der Durchmesser der Erde größer erscheint, als derjenige der Sonne. Unsre Sonnenfinsternisse dagegen sind ihm ohne Zweifel Erdfinsternisse; sie sind aus demsel-

ben Grunde nie total, fast immer ringförmig, zuweilen partial, und zuweilen wird der Mondsbewohner, trotz der einer Erdfinsterniß sehr günstigen Lage, die ganze, volle Erdscheibe unverfinstert erblicken, wann wir nämlich eine ringförmige Sonnenfinsterniß haben, indem der Schattenkegel des Mondes die Erde nicht erreicht, welches am auffallendsten in der Erdferne (Apogeum) des Mondes, und der Erdnähe (Perigeum) der Sonne eintritt.

Der ganze Sternhimmel erscheint auf dem Monde fast eben so wie auf der Erde. Die Sonne ist zwar in dem Neumonde etwas größer als in dem Vollmonde, aber der Unterschied beträgt nur etwa $^1/_{200}$ der ganzen Entfernung; auch die scheinbare Geschwindigkeit der Sonne auf ihrer jährlichen Bahn ist nur kleinen Schwankungen unterworfen: aber sehr charakteristisch für den Mond ist die sehr geringe Neigung seines Aequators zur Ekliptik, die auch zugleich die Bahn des Mondes um die Sonne ist. Da diese sich nur sehr wenig vom Mondsäquator entfernt, so ist der Unterschied der Jahrszeiten sehr gering; desto bedeutender aber ist der 15tägige Wechsel von Tag und Nacht. Der Sonnentag vertritt dort die Stelle des Jahres, der Tag ist zugleich Sommer und die Nacht zugleich Winter.

Wie sich diese Erscheinungen bei den Trabanten der andren Planeten gestalten, ist uns bis jetzt unbekannt; sie unterscheiden sich zwar dadurch von dem Monde, daß ihre Bahn fast in dem Aequator des Hauptplaneten ist, und deshalb beim Saturn und Uranus sehr von der Sonnenbahn derselben abweicht; aber die Lage ihres Aequators werden wir wol niemals kennen lernen. Die Planeten und die übrigen Trabanten müssen ihnen einen überaus schönen Anblick gewähren. Jupiter zeigt sich dem ersten Trabanten

unter einem Winkel von fast 20°, und dem letzten unter $4^1/_2$°, also als eine mehrere tausendmal größere Scheibe als die Sonne. Noch schöner ist Saturn. Seine Scheibe hat auf dem ersten Trabanten einen Durchmesser der 70 mal größer ist als der der Sonne, und der Ring erscheint ihm sogar unter einem Winkel von 54°, also dem dritten Theil des Himmels gleich, da er nur 6000 Meilen von ihm entfernt ist, die größte Nähe zwischen zwei Himmelskörpern des Sonnensystems, wenn man die Entfernung der Ringe von einander und vom Saturn ausnimmt.

In der letzten Rubrik unsrer Tabelle sind die Durchmesser der Trabanten enthalten, die indeß noch nicht völlig genau sind. Wir sehn aber daraus, daß ihre Größe in keinem Zusammenhange mit der Größe des Planeten zu stehn scheint, indem der Mond nur von dem dritten und vierten Jupiters- und dem sechsten Saturnstrabanten an Größe übertroffen wird. Sein körperlicher Inhalt ist nur 50 mal in dem der Erde enthalten, wogegen die Summe der Jupiterstrabanten etwa $^1/_{8000}$, und die der Saturnstrabanten ohne die Ringe, $^1/_{16000}$ ihres Planeten beträgt. Innerhalb eines Systems beobachtet die Größe der Trabanten keine größere Ordnung als die der Planeten. Die beiden ersten Saturnstrabanten sind, bis auf Vesta, die kleinsten Körper des ganzen Sonnensystems und der sechste Saturnstrabant ist 1000 mal größer als sie. Der größte aller Trabanten ist der dritte Jupiters, der den vier Mittelplaneten und Merkur an Größe überlegen ist, und dem Mars nicht sehr nachsteht. Nach Schröter ist der sechste Saturnstrabant noch größer als Mars.

Die Gestalt der Trabanten ist die im Planetensystem herrschende kugelförmige; kleine Abweichungen, wie bei der Erde, dem Monde, Saturn, sind wahr-

scheinlich; können aber wegen der geringen Größe der Körper nicht beobachtet werden. Desto merkwürdiger ist die Ausnahme, welche die Saturnsringe machen. Wir haben ihre Gestalt schon oben (S. 233) angegeben. Sie erheben sich nur 57 Meilen auf beiden Seiten über den Aequator; der innere Ring, dessen Breite 3935 Meilen beträgt, ist daher etwa 35 mal so breit als dick, und der äußere, 1339 Meilen breite, etwa 12 mal so breit, wodurch die Lichtmenge, die zwischen die Ringe kommen kann, größer ist; auch hat man zwar noch keinen Fixstern, jedoch schon Saturnstrabanten durch den Zwischenraum bemerkt. Der Ring scheint übrigens bedeutenden Unregelmäßigkeiten unterworfen zu sein. Schröter glaubt auf den breiten Seiten, also nach Norden und Süden, Berge bemerkt zu haben, die auf beiden Seiten 2 — 300 Meilen weit hervorragen, so daß ihr ganzer Durchmesser wol über 700 Meilen beträgt. Diese wären daher nicht sowohl als Berge, sondern als eingewachsene Weltkörper zu betrachten, die bloß ein günstiges Ereigniß erwarten um loszubrechen und als Trabanten um den Saturn zu kreisen, oder die früherhin Trabanten waren und nachher mit dem Ringe vereinigt worden sind. Ueberhaupt ist es möglich, und findet auch beinahe bei den vier Mittelplaneten statt, daß zwei Körper fast in derselben Entfernung von ihrem Hauptkörper um ihn kreisen; jedoch würde dieses nur dann immer so bleiben können, wenn die Geschwindigkeit beider genau dieselbe wäre: wo dieses aber, wie es unendlich wahrscheinlicher ist — denn eine um wenige Meilen größere Entfernung würde schon nach dem dritten Keplerschen Gesetze eine etwas geringere Geschwindigkeit veranlassen (S. 58) — nicht statt findet, wird früher oder später der schnellere den langsamern einholen, und beide werden sich unter

den furchtbarsten Revolutionen zu einem Körper vereinigen. Ist einer von beiden ein Ring, der vielleicht kein vollkommener Kreis, sondern, wie die Planeten- und Trabantenbahnen, elliptisch ist: so wird ein zur Vereinigung günstiger Zeitpunkt, wenn etwa die Sonnen- oder Planetenferne des nähern Körpers mit der Sonnen- oder Planetennähe des entferntern in Konjunktion ist, weit öfter eintreten, der Trabant wird sich endlich in den Ring stürzen, und wenn sein Durchmesser größer als die Dicke des Ringes ist, und beide Körper nicht flüssig waren oder es jetzt wurden, als ein ungeheuerer Berg aus ihm hervorragen. Dieser Fall könnte nun beim Saturnsringe eingetreten seyn; denn daß er aus einem sehr starren Stoffe bestehe, macht sein Glanz wahrscheinlich, der selbst den des Planeten weit übertrifft.

Von den Planeten aus gesehen sind die Trabanten wahrscheinlich, auch abgesehn von ihrer Größe, bedeutend verschieden. Selbst uns erscheinen der erste und dritte Jupiterstrabant weiß (er hat also wahrscheinlich eine sehr reine Atmosphäre), der zweite bald weiß, bald bläulich, der vierte oft trübe und orangefarben, und in Wolken gehüllt.

Nach diesen Streifzügen in die andren Trabantensysteme kehren wir wieder zu dem unsrigen zurück, und da auch hier schon alle durch die Bewegungen des Mondes verursachten Erscheinungen, so weit es unsrem Plane angemessen war, entwickelt sind, bleibt uns nur noch der Mondskörper selbst übrig. Zwar kennen wir von ihm nur eine Halbkugel; aber durch ihre genauere Kenntniß werden wir reichlich dafür entschädigt, daß wir nicht, wie bei den übrigen Himmelskörpern, beide sehn können. Schon mit bloßen Augen bemerkt man bedeutende Ungleichförmigkeiten auf seiner Oberfläche; aber durch ein Fernrohr gewährt er einen Anblick, der einer von einem hohen Berge be-

trachteten Landschaft nicht unähnlich ist. Er verdient daher den Namen einer Gegenerde, den ihm auch schon alte Philosophen gegeben haben.

Bereits Galilei versuchte, die Mondscheibe zu zeichnen; aber als ein erster Versuch gelang dieses nur höchst unvollkommen. Das größte Verdienst erwarb sich Hevel, Bürgermeister zu Danzig, durch sein 1647 erschienenes Werk über den Mond. Er glaubte, Meere und Länder, Seen und Inseln, Berge und Thäler im Monde zu erblicken, und benannte die Stellen nach ähnlichen Gegenden auf der Erde. So sah man im Monde das Mittelländische und Schwarze Meer, Korsika und Sardinien, den Berg Sinai u. a. Vier Jahre nachher entwarf Riccioli in Bologna eine Mondsbeschreibung; sie stand der ältern des Hevel bedeutend nach, aber er benannte die Flecken meistentheils nach den Namen berühmter Astronomen, Pythagoras, Kopernikus, Galilei u. a., vergaß auch sich selbst nicht. Diese Idee wurde fast allgemein angenommen, und Hevels Namen blieben nur bei einzelnen Gegenständen in Gebrauch. Auch Cassini (1680), Lambert (1774) und Tob. Mayer (1775) erwarben sich Verdienste um die genauere Bestimmung der Mondsoberfläche; aber eine wirkliche Topographie beginnt erst mit Schröters Arbeiten (1791), der zuerst Karten einzelner Mondländer entwarf, die jetzt kaum durch die neuen Frauenhoferschen Fernröhre in den Händen Gruithuisens u. a. verbessert werden können. Die beste Generalkarte des Mondes, die Gruithuisensche, liegt der diesem Werke beiliegenden Karte zum Grunde.

Das Auge sieht nur eine Fläche, und man würde nimmermehr einen wirklichen Gegenstand von einem Gemälde unterscheiden, wenn man nicht durch's Gefühl die Gestalt unmittelbar prüfen, oder den Gegen-

stand von verschiedenen Seiten betrachten könnte. Jenes ist uns bei Himmelskörpern natürlich unmöglich; aber auch selbst das zweite wird uns durch unsre eigene Bewegung und die des Sterns nur auf eine unvollständige Art gewährt. Beim Monde, der uns immer dieselbe Scheibe zuwendet, ist uns auch dieses fast gänzlich versagt, und der Unterschied in der Farbe und die verschiedene Beleuchtung sind fast die einzigen Grundlagen unsrer Beobachtung. Wir werden jedoch sehen, daß diese, verbunden mit guten Gesichtswerkzeugen und glücklicher Kombinationsgabe, völlig ausreichen, um alle Unebenheiten der Mondsoberfläche genau kennen zu lernen.

Am einfachsten werden die am Rande des Mondes befindlichen Höhen und Tiefen beobachtet, indem man die scheinbaren Erhabenheiten und Vertiefungen über und unter dem Rande unmittelbar mißt. Diese Methode ist jedoch nur für sehr große Berge oder Vertiefungen anwendbar, auch auf den schmalen Streif beschränkt, der durch die Schwankung des Mondes allmälig in dessen Rand zu stehen kommt.

Besser ist Hevels Methode. Je höher ein Berg ist, desto früher erhält er, und desto später verliert er das Sonnenlicht; es ist ein bekanntes Bild der Dichter, daß die Sonne die Gipfel der Berge vergolde. Dieses sehen wir nun auch auf dem Monde. Wäre er eine völlig ebene Fläche, so würden die erleuchteten Theile der Scheibe von den unerleuchteten durch eine gerade Linie geschieden sein. Durch die Unebenheit aber sieht man Anhöhen in der Nachtseite erleuchtet, und Tiefen in der Tagesseite dunkel. Neben der dadurch überall ausgezackten Lichtgrenze sind nun zahllose Lichtpunkte, die Gipfel eben so vieler Berge, in dem dunklen Theile. Faßt man den ersten Moment, wo die Sonne sie erleuchtet, und mißt ihre Entfernung von

der Grenze, in deren Horizont die Sonne jetzt ist, so ist klar, daß, wenn (Fig. 15) P Q ein Stück der Mondsoberfläche, S die Sonne, M der Mittelpunkt des Mondes, B der Berg und A in der Lichtgrenze ist, welche die Sonne am Horizonte hat, aus der beobachteten Größe AB auch MB gefunden werden kann, und dieses ist der Halbmesser des Mondes und die Höhe des Berges. Die Beobachtung wird durch das langsame Aufgehn der Sonne sehr erleichtert; denn ein Berg, der auf der Erde nur $6\frac{1}{2}$ Min. früher erleuchtet wird, ist es auf dem Monde, wo der Tag 29 mal so groß ist, drei Stunden früher als die übrigen Theile der Oberfläche. Diese Methode ist zwar durch das allmälige Vorrücken der Lichtgrenze fast überall anwendbar, aber in den höheren Breiten des Mondes wird sie weniger genau, und die durchbrochene und unebene Lichtgrenze, die Schwierigkeit den ersten Sonnenstral, der den Berg erreicht, zu erhaschen, und mehrere andre Umstände machen sie nur für höhere Aequatorialberge anwendbar.

Schröter, der fleißigste und genaueste Beobachter, den der Mond bis jetzt gefunden hat, maß daher die Höhe der Berge durch den Schatten. So wie man auf der Erde aus dem Schatten eines Berges auf dessen Höhe schließen kann, wenn man den Stand der Sonne kennt, so auch beim Monde, wo die Lage der Sonne, wenn wir sie auch nicht berechnen wollten, uns durch die Lichtgrenze gegeben ist. Vorzüglich gut läßt sich der Schatten in der Nähe der Lichtgrenze, d. h. des Sonnenaufganges, messen, weil er da am längsten ist. Man ist hierbei nicht, wie bei der Hevelschen Methode, an eine bestimmte Zeit gebunden, sondren kann so oft und in so verschiedenen Lagen beobachten, als man will. Auch die Tiefen können gemessen werden. Man kann leicht bestimmen,

ob ein gegebener Fleck Höhe oder Tiefe ist: bei jenem ist die der Sonne zugekehrte Seite hell, die entgegengesetzte im Schatten, dagegen bei den Tiefen die letztere die erleuchtete ist. Auf dieselbe Weise, wie man die Höhe eines Berges über einen andren, oder über eine Ebene mißt, mißt man auch die Höhe der letzteren über eine Einsenkung. Man beobachtet sie, wenn der Schatten gerade die Hälfte des Fleckens, d. h. die größte Tiefe der Einsenkung erreicht hat. Die Vertiefungen sind meistentheils beckenförmig, viel weiter als tief, und daher ist der Mittelpunkt leichter zu bestimmen, oder doch zu schätzen. Es sei (Fig. 16) PQ ein Stück der Mondsoberfläche, S die Sonne, T der Mittelpunkt der Tiefe und AB meßbar, so läßt sich BT leicht berechnen, wenn die Sonne gerade so steht, daß die Linie ST, welche die Grenze des Schattens berührt genau die Mitte des Fleckens erreicht. Die Tiefen sind also schwieriger zu bestimmen als die Höhen. Diese Methoden machen es bei den trefflichen Fernröhren unsrer Zeit möglich, selbst 50 Fuß große Anhöhen und Tiefen zu erkennen.

Wendet man diese Hilfsmittel auf den Mond an, so finden zwei Unterschiede auf ihm statt, in der Höhe und Tiefe und in der Farbe. Von diesen müssen indeß die durch die Beleuchtung der Sonne und der Erde veranlaßten Ungleichförmigkeiten, also die Wechsel von Licht und Schatten abgesondert werden; auch ist das Licht der Erde so stark, daß manche Berggipfel, deren Oberfläche und Lage der Zurückwerfung des Lichtes günstig sind, selbst in der Nachtseite uns als hell erleuchtete, ja glänzende Punkte erscheinen.

Die Oberfläche unsres Mondes bietet, wie die unsrer Erde, eine Abwechselung von Berg und Thal, Hoch- und Tiefebenen dar; aber die Höhen zeigen sich selten als jene langen, sich verzweigenden Züge, oder

Hochebenen (Plateau's), an deren Grenzen sich Gebirge aufthürmen und sich stralenförmig in die benachbarten Länder erstrecken, wie wir sie meistentheils auf der Erde finden. Zwar giebt es einige hohe Gebirgszüge wie die Mondsappenninen, die sich zwischen 15° und 45° nördlicher Breite und 10° östlicher bis 10° westlicher Länge mit geringen Unterbrechungen 150 deutsche Meilen weit erstrecken, oft nur eine Meile breit sind, sich aber auch zu ordentlichen Alpenlandschaften erweitern, deren Gipfel 10 — 20000 Fuß hoch sind, z. B. in der Nähe von Huyghens, oder die Gebirge Dörfel und Leibnitz, an dem östlichen und südöstlichen Theile der uns zugekehrten Scheibe, wovon sieben Kuppen über eine deutsche Meile hoch sind, und mit denen also nur der Dolaghir und einige andre tibetanische Berge wetteifern können: aber bei weitem die meisten Höhen zeigen sich als Ringgebirge, d. h. als kreisförmige Wälle, die einen gewöhnlich vertieften Raum einschließen. Ihr Durchmesser steigt von einigen 100 Fuß auf 40 — 50 Meilen. Die Höhe der Wälle, die zuweilen auf allen Seiten 6 — 7000 Fuß hoch sind, erhebt sich an einigen Punkten auf 11000 Fuß, verschwindet jedoch zuweilen ganz, so daß die kreisförmigen Vertiefungen sich mitten in der Ebene befinden. Den umgekehrten Fall, nämlich von Wällen eingeschlossene Ebenen, findet man häufiger, z. B. bei Archimedes (4 unsrer Karte), Newton (südlich von Plato, 2 d. Karte) u. a. m. Obgleich der innere Raum gewöhnlich beckenförmig ausgehöhlt, also viel weiter als tief ist, so ist dennoch ihre Tiefe sehr bedeutend, wol 11000 Fuß, ja einer von ihnen, Bernouilli (etwas nördlich von Kleomedes, 15 d. Karte) erreicht die ungeheuere Tiefe von 18 — 20000 Fuß.

Die Gestalt dieser Wälle ist zwar dem Kreise sehr ähnlich, zeigt sich uns jedoch nur so in der Mitte der Scheibe, wo wir gerade in ihre Tiefe sehn können; in der Nähe der Ränder, wo wir sie unter einem schiefen Winkel erblicken, erscheinen sie länglich. Die innere Bildung ist mannigfaltig. Bald dachen sie sich gleichförmig sowohl nach Außen als nach Innen ab, bald bestehn sie aus koncentrischen Schichten, deren treppenförmige Lagerung man zuweilen deutlich erkennen kann, bald reihen sich lange Bergzüge an sie an, bald sind sie von Schluchten unterbrochen, die auf den ersten Blick Ströme zu sein scheinen, die sich in das von den Wällen eingeschlossene Meer ergießen, welches aber, wie wir sehn werden, nur Täuschung ist. Auch der eingeschlossene Raum ist selten ganz regelmäßig; größtentheils erheben sich an mehreren Stellen, vorzüglich in der Mitte, kleinere Ringgebirge (Circellen) und Berge.

Was ist die Ursache dieser so weit verbreiteten Bildungen, und woher rührt der so auffallende Unterschied von der Erde? Nach dem 40jährigen Kampfe, der um die Erklärung der Unebenheiten auf der Erdoberfläche geführt wird, ist es noch immer unentschieden, ob Feuer oder Wasser mehr Antheil an der Gestalt der jetzigen Erdoberfläche habe. Nun könnte es freilich vermessen scheinen, diese Aufgabe auf dem 50000 Meilen entfernten Monde lösen zu wollen; allein eben diese Entfernung verstattet uns, den Zusammenhang der Mondshöhen- und Tiefen zu beobachten, der uns in der That oft besser bekannt ist, als auf der Erde. Vom Wasser oder einer andren Flüssigkeit können diese Ringgebirge nicht gebaut sein. Dieses kann zwar große horizontale Flächen bilden, auch wol Hügelreihen, die sich längs der Meeresufer erstrecken; aber jene kreisförmigen Höhen und Tiefen können ihr

Dasein nur einer Hebung oder Senkung des Bodens verdanken.

Die ersten Beobachter erklärten sie unbedenklich für Krater, d. h. für Oeffnungen noch rauchender oder erloschener Vulkane, und die Wälle für die aus diesen Kratern ausgeworfenen Massen. Allein ein Krater, der einen Durchmesser von vielen Meilen hat — der des Aetna hat 4000 Fuß — möchte trotz der Gewalt des Feuers auf einem Körper wie der Mond unmöglich sein. Auch findet man in der Wölbung niemals ein noch fortdaurendes Feuer, sehr selten noch Spuren wirklich ausgeworfener Massen, und nur wo diese sich finden kann man auf wirkliche, den irdischen ähnliche Vulkane schließen. Die andren Ringgebirge möchten wol auf folgende Weise entstanden sein.

Ausgedehnte chemische Operationen, die sich unter der Oberfläche des Mondes, wie unter derjenigen der Erde zutragen, entwickeln eine große Menge Gas, das sich in den Höhlen und Spalten verbreitet, und sie den Gesetzen seiner Spannung gemäß nach allen Seiten auszudehnen strebt. Den geringsten Widerstand stellt ihm die Mondsoberfläche entgegen; diese wird daher gehoben, und um so leichter, da die Körper an der Mondsoberfläche über fünf mal so leicht sind wie auf der Erde, und kein so starker atmosphärischer Druck wie dort, ihre Bewegung erschwert. Der Boden wird daher, wenn kein Mangel an Gas ist, so lange gehoben, bis das Gewölbe an der am meisten ausgedehnten Stelle, also in der Nähe des Gipfels, bricht, und nun das Gas mit ungeheurer Kraft in die dünne, wenig Widerstand leistende Mondatmosphäre strömt, und die Decke des Gewölbes durch die Stärke seines Stromes zum Theil zerstört, bis es sich fast ganz in die Atmosphäre ergossen hat. Aber das hohe Gewölbe, das jetzt ganz frei und ohne Stütze über dem

Abgrunde schwebt, und sich nicht mehr halten kann, da es seines Gipfels beraubt ist, stürzt in die Tiefe zurück; nur die Seitentheile desselben, die auf der Mondsoberfläche stehn, können sich halten, die übrige, nicht gehörig gestützte Masse senkt sich allmälig in die vom Gas gebildete Höhle, bis die Ueberreste der Wölbung nach Außen und Innen gehörig abgedacht sind, und das Ganze einen gewissen Grad des Gleichgewichts erlangt hat; von der Wölbung ist alsdann nur jener Wall, und von den Gashöhlen nur die beckenförmige Vertiefung übrig geblieben. Daher auch Schröters Erfahrung, daß gewöhnlich die an den Seiten aufgehäufte Masse des Walles gerade hinreichen würde die Vertiefung auszufüllen. Nur an einigen Stellen vermochte die Mondsoberfläche dem Drucke zu widerstehen, vielleicht weil das Gas durch seine Ausdehnung nicht mehr Elasticität genug besaß, die Decke seiner Höhlen noch ferner zu heben, oder weil es durch Seitenkanäle einen Ausweg gefunden hatte. Eine solche Wölbung befindet sich in der Nähe von Schickard (6 der Karte) am südöstlichen Rande der Mondscheibe.

An Ausdehnung stehn die Gasentbindungen der Erde denen des Mondes keinesweges nach, wenn wirklich die weitverbreiteten Vulkane der südöstlichen Inseln Asiens, die Vulkane Kamschatka's, Süditaliens, der Maskarenischen Inseln, Westindiens, Quito's oder Guatimala's u. m. a. alle nur auf gemeinschaftlichen Herden ruhen. Aber aus mehrern Ursachen bringen sie nicht die Erscheinungen hervor, welche wir auf dem Monde finden. Die äußere Atmosphäre der Erde setzt dem inneren Drucke ein mächtiges Hinderniß entgegen und raubt ihm einen großen Theil seiner Kraft; die über fünf mal schwereren Theile der Erdoberfläche weichen weit weniger leicht dem inneren

Drucke der Gase; der Boden wird verhältnißmäßig weniger gehoben, die Wölbung wird meistentheils dem Drucke der Gase widerstehn und sich bloß als Berg zeigen: wenn aber auch die Gase sich einen Ausgang geöffnet haben sollten, so strömen sie in die lufterfüllte Atmosphäre keinesweges mit der reißenden Schnelligkeit, wie beim Monde. Das entströmte Gas wird durch Luft ersetzt, so daß diese, welche die Erhebung hinderte, den Rückfall nicht beschleunigen kann. Dieselben Ursachen, welche auf dem Monde Ringgebirge hervorbringen, veranlassen also auf der Erde, wegen der Schwere der Erdkörper und des Druckes der Atmosphäre, entweder Berge, oder Vulkane, deren Krater in keinem Verhältnisse zu den Mondsvertiefungen stehn, oder toben in Erdbeben aus, wenn das Gas sich entweder selbst zerstört oder durch viele kleine Kanäle entweicht. Eigentliche Vulkane scheinen auf dem Monde zu fehlen; die Berge sind nicht kegelförmig wie die Erdvulkane, auch hat man nirgend einen Krater auf dem Gipfel derselben entdeckt. Die Flammen, die man zuweilen in der Nachtseite des Mondes, oder in Mondfinsternissen zu entdecken geglaubt hat, können auch von andren Ursachen herrühren. Daß der Spanier Ulloa einmal vergaß, daß ein sehr entferntes Licht einem Sterne ähnlich sei, und ein von ihm auf dem Monde erblicktes Licht für einen Stern hielt, der durch den durchlöcherten Mond gesehen werde, verdient nur der Seltsamkeit wegen angeführt zu werden.

Eine andre, aus ähnlichen Ursachen entspringende Klasse von Unebenheiten auf dem Monde sind langgezogene Erhöhungen und Vertiefungen, Bergadern und Rillen oder Furchen. Gase, die nicht an einer Stelle vereinigt, sondern in langen Kanälen verbreitet sind, erheben zwar ihre Decke, aber nicht sehr hoch,

noch vermögen sie sie zu sprengen, weil sie durch ihre Ausdehnung an Elasticität verloren haben. Wo sich aber Kanäle durchkreuzen und der Boden von vereinigten Kräften gehoben wird, bricht dieser auf, das Gas entströmt, benachbarte Gase, die nach dieser Seite den geringsten Druck erleiden, strömen ebenfalls dahin, es bildet sich ein Vulkan, oder ein größeres oder kleineres Ringgebirge. Daher die Einsenkungen an so vielen Stellen, wo sich Rillen und Adern kreuzen. Diese nämlich, der Stütze, die sie früher hob und hielt, des Gases selbst, beraubt, stürzen entweder ein, und werden zu Rillen, deren Ufer etwas erhöht sind, oder sie erhalten sich durch den Zusammenhang ihrer Theile und bilden lange, nur hier und da durchbrochene Bergadern. Diese sind gewöhnlich sehr breit und niedrig, im heiteren Meere (Mare Serenitátis, H unsrer Karte) sind solche Adern, die 372 — 956 Fuß hoch, und 43 mal so breit sind. Daher ein merkwürdiger Unterschied des Mondes und der Erde, daß während dort die Züge der Berge und Thäler gewöhnlich von Hochländern ausgehen, sie sich hier von Vertiefungen stralenförmig nach allen Seiten zu erstrecken scheinen, z. B., bei Kopernikus, Kepler, Tycho (8, 9 und 5 unsrer Karte).

Eine vorzüglich interessante Erscheinung gewährt das Ineinandergreifen mehrerer solcher Gebilde. Man findet dann gewöhnlich eines von beiden auf Kosten des andern völlig ausgebildet. Das theilweise zerstörte ist offenbar das ältere, und das jüngere ist dann zuweilen von einem noch neueren auf ähnliche Weise zerstört. Zuweilen ist bloß noch ein Theil des Ringgebirges übrig, indem der andre vielleicht unmittelbar nach dem Durchbruche der Gase, wieder

zurückgesunken, oder durch andre uns unbekannte Ursachen verschwunden ist, z. B. die nordöstliche Grenze der Regenbogenbucht (Sinus Iridum, C). Auch jetzt ruhen die Kräfte keinesweges. So wurde z. B. der große Fleck Cassini südöstlich von Plato (2), trotz seiner Größe, von keinem der Beobachter des 17ten Jahrhnnderts gesehn, obgleich ihnen viel kleinere und weniger günstig gelegene nicht entgingen; erst im 18ten Jahrhundert wurde er beobachtet, und ist also wahrscheinlich neu entstanden. Diese und ähnliche Phänomene scheinen sich nicht sehr an die Beschaffenheit der Oberfläche zu binden; sie finden sich auf Höhen, wie auf Tiefen; auch ist es natürlich, daß der vulkanische Boden der Ringgebirge noch ferner ähnliche Gebilde erzeugt; daher die Berge und Circellen innerhalb fast sämmtlicher Ringwälle, und die in die ältern Gebirge eingreifenden und sie zum Theil zerstörenden neueren.

Außer diesen durch die Unebenheiten des Bodens verursachten Unterschieden in der Färbung bietet der Mond noch eine große Anzahl von Flecken dar, die ihre Ursache in besondren Eigenthümlichkeiten des Bodens haben müssen. Hiervon sind aber die Polarregionen, von 65° Breite im Norden und 55° Breite im Süden an, ausgenommen, die ein gleichförmiges, fast nur von dem Schatten der Höhen unterbrochenes Weiß darbieten. Wer dächte hier nicht an ähnliche Erscheinungen der Erde und einiger Planeten, wo ebenfalls Eis, oder ein ähnlicher Körper, die Pole umgibt; wer möchte nicht die Beständigkeit der Erscheinungen an den Polen des Mondes durch die geringe Neigung, welche die Sonne immer zu ihnen hat, erklären, und erstaunte nicht, daß auf dem Monde, wie auf der

Erde, die südliche Halbkugel wahrscheinlich die kältere ist?

Auf dem übrigen Theile des Mondes zeichnen sich vorzüglich große Flecken aus, die keine bedeutende Unebenheiten zeigen, und daher von den älteren Beobachtern ziemlich rasch für Meere, Seen, Sümpfe gehalten und demgemäß benannt wurden. So entstand, nach Riccioli, der stürmische Ocean (Oceanus Procellarum, A unsrer Karte), das Regenmeer (Mare Imbrium, B), das heitere Meer (M. Serenitatis, H), das fruchtbare Meer (M. Foecunditatis, N), das ruhige Meer (M. Tranquillitatis, M), das Meer der Feuchtigkeit (M. Humorum, R), das Nektarmeer (M. Nectaris, O), das Meer der Krisen (M. Crisium, R), u. m. a. Sie sind aber weder von gleicher Höhe, indem das ruhige Meer (M) am niedrigsten, der stürmische Ocean (A) am höchsten ist, noch eben, welches statt finden müßte, wenn sie mit einer Flüssigkeit bedeckt wären; sondern mehr oder weniger abhängig, mit größeren und kleinen Ringgebirgen, Furchen, Bergadern bedeckt, und, was die älteren Vermuthungen widerlegt, es finden sich häufig Vertiefungen, die durch keinen Ringwall vollständig geschlossen, von der Flüssigkeit jener Meere angefüllt sein müßten, welches aber nicht der Fall ist. Es können daher nur in seltnen Fällen manche von Ringgebirgen eingeschlossene Vertiefungen Landseen, und die sich dahin erstreckenden Furchen Ströme sein. Ob aber Wasser oder irgend eine andre Flüssigkeit sie fülle, wird uns immer verborgen bleiben. Einige Stellen der Mondsoberfläche leuchten uns, wenn die Sonne in einer gewissen Lage ist, mit sehr starkem Lichte: es ist wahrscheinlich das gespiegelte Sonnenlicht selbst, das wir sehen, und außer Felsen würde

auch eine mit Flüssigkeit bedeckte Oberfläche, unter den angemessenen Winkeln, eine solche Erscheinung hervorzubringen vermögen.

Die Farbe jener Flecken ist meistentheils grau, und wird nur wenig dunkler, wenn die Sonne sich über ihren Horizont erhebt, also in ihrem Mittage oder Sommer; gegen Sonnenuntergang blassen sie ab.

In noch höherem Grade findet dieser Farbenwechsel in einigen Stellen des Meeres der Krisen (K), Grimaldi's (23), Riccioli's (22) statt: beim Sonnenaufgange blaß, werden sie immer dunkler je mehr die Sonne über ihren Horizont steigt; in den Aequatorgegenden geschieht dieses früher als in den nördlichen oder südlichen Regionen, und bei Sonnenuntergang blassen sie oft plötzlich ab; auch tritt nicht selten schon früher eine schnelle Farbenänderung ein. Die fruchtbaren Ebenen der Erde, die im Winter mit Wasser oder Schnee bedeckt, sich im Frühling mit Pflanzen schmücken, die bis zum Herbst immer dichter werden, und daher das Licht immer stärker verschlucken, dann aber von der Natur oder der Hand des Menschen ihrer Pflanzen beraubt werden, bieten dem Mondsbewohner ähnliche Erscheinungen dar. Indeß können jene Farbenänderungen auch von Ausdünstungen der Mondsoberfläche hervorgebracht werden.

Endlich die dritte Klasse der Flecken zeichnet sich durch die dunkle Farbe aus, die schon beim Sonnenaufgange statt findet und wenig vermehrt wird. Es sind unter andren die Flecken Hygin und Schröter (T und S), beide in der Nähe des Aequators, fast auf der Mitte der uns zugekehrten Mondscheibe. Eine mit üppiger Vegetation bedeckte Gegend der Erde, die selbst im Winter nicht ganz davon entblößt wird,

würde sich auf dem Monde auf ähnliche Weise darstellen; denn die Farbe der Pflanzen, welche den fruchtbaren Gegenden der Erde einen so eigenthümlichen Reiz verleihet, dürfen wir nie hoffen zu erkennen, da schon eine Entfernung weniger Meilen hinreicht, das schöne Grün des Laubes in ein dunkles Grau oder Schwarz zu verwandeln. — Zwischen diesen drei Klassen von Flecken finden übrigens alle möglichen Uebergänge statt, und aus den zahlreichen Schattirungen kann man mit etwas Phantasie auf die Pflanzenphysiognomieen der Mondsländer schließen.

Alles durch die Veränderungen eines Himmelskörpers erzeugte Gas und der Dampf, den alle Körper entwickeln, verbreiten sich ihrer Leichtigkeit und Elasticität wegen über dessen Oberfläche, und bilden den Dunstkreis oder die Atmosphäre. Nicht sowohl das Dasein eines Dunstkreises ist also bei einem Körper Gegenstand der Untersuchung, sondern vielmehr die Bestandtheile und die Elasticität desselben. Jene werden wir wol nie bei einem fremden Himmelskörper kennen lernen; diese lehrt uns die Dämmerung und die Stralenbrechung kennen. Aus dem Bogen, um welchen der Sonnenstral an dem Rande des Mondes in den Mondfinsternissen — der besten Zeit zu solchen Beobachtungen — abgelenkt wird, hat man die Größe der Horizontalrefraktion des Mondes (S. 126) auf $4^1/_2$ Sek. bestimmt. Die Größe der Dämmerung, welche Schröter als einen grauen Streif an der Lichtgrenze des Mondes erblickte, beträgt $2° — 3°$ oder 10 — 12 deutsche Meilen, welches auf eine Atmosphäre deutet, die, bei einer Höhe von etwa 8000 Fuß, die Sonnenstralen eben so merklich zurückwirft, wie die Erde bei ungefähr 10 Meilen Höhe, also etwa 29 mal so niedrig ist als die der Erde, und auch wahrscheinlich in keinem geringern Verhältnisse dünner.

In den tiefen Schluchten kommt die Dichte der Mondluft derjenigen der Erde näher. Diese geringe Atmosphäre wird vielleicht zum Theil von dem Dampfe gebildet, der von dem Wasser oder andren flüssigen, die Oberfläche bedeckenden Körpern herrührt; aber um schwere, denen der Erde ähnliche Wolken zu tragen, ist sie nicht dicht genug, daher findet man nur selten über dem Monde jene Dünste verbreitet, die dem Erdbewohner so oft den Anblick des Himmels entziehen. Indeß möchte manche Veränderung in der Farbe und Gestalt der Flecken, die man auf dem Monde entdeckt zu haben glaubte, eine Folge dieser Dünste sein, deren Entstehen wahrscheinlich, wie auf der Erde zum Theil von der Höhe der Sonne abhängt.

Jetzt bleibt uns noch eine Frage übrig: ob der Mond mit Pflanzen bedeckt und von Thieren und vielleicht auch von vernünftigen Wesen bewohnt sei? Wir müßten erst die Möglichkeit ihres Daseins darthun, und dann Erscheinungen nachweisen, die nur von Pflanzenwuchs oder willkürlichen Bewegungen der Thiere oder absichtlichen vernünftiger Wesen herrühren können.

Die Möglichkeit möchte wol niemand zu leugnen wagen. Wenn in der verdünnten Luft der Berge Pflanzen und Thiere, die ursprünglich aus niederen Gegenden kamen, noch fortleben, ja sogar Menschen sich ohne Nachtheil auf hohen Bergen ansiedeln können, warum sollte es nicht Organisationen geben, deren Athmungswerkzeuge der dünnen Mondatmosphäre angemessen sind? Auch wenn diese nicht den Sauerstoff enthält, der in unserer Atmosphäre das Leben bedingt, so können anders gebildete Wesen auch andrer Nahrung bedürfen. Selbst das Wasser, für uns ein Bedürfniß, ist vielleicht in der Luft des Mondes in nicht viel geringerem Verhältnisse, als bei uns,

und selbst dessen gänzlicher Mangel würde nur eine von der unsrigen etwas verschiedene organische Welt bezeugen.

Ein Verfechter für den Aufenthalt organischer Wesen auf dem Monde ist vorzüglich Gruithuisen; er hält einen großen Theil der oben angeführten Veränderungen in der Farbe der Flecken für Folge der Vegetation, und wagt sogar Vermuthungen über die Arten der Bäume und Stauden des Mondes (S. 309). Große, hellere Streifen, welche diese Mondwälder durchkreuzen, hält er für Alleen, die sich entweder vernünftige Wesen — Seleniten — oder gigantische Thiere gebahnt haben. Aber das Dasein vernünftiger Wesen ist nur dann unbezweifelt, wenn ein Beweis ihrer Thätigkeit aufgewiesen werden kann, da sie selbst uns immer unsichtbar bleiben werden. Ein Mondbewohner würde unsre Städte als immer dunkle, sich nur sehr selten aufheiternde Flecken, die Gipfel unserer Kirchen und hohen Gebäude aber oft als helle Punkte wahrnehmen. Deutlicher würde er jedoch aus den langen geraden Linien, welche unsre Heerstraßen und Kanäle bilden, auf das Dasein der Menschen schließen können. Denn so gesetzmäßig die Natur auch in ihren kleinsten Erscheinungen ist, regelmäßige Körper bringt sie nur in sehr geringem Maßstabe hervor. Bei größeren Körpern häufen sich die störenden Einflüsse so sehr, daß sich diese nie in der regelmäßigen Gestalt darstellen, welche die Werke der Kunst charakterisirt. Würden solche auf dem Monde erblickt, so hätten wir ein fast unumstößliches Zeugniß für das Dasein von Wesen, die nicht nur mit Vernunft begabt sind, sondern auch schon, zu großen Gesellschaften vereinigt, Werke auszuführen vermögen, die wegen ihrer Ausdehnung sogar auf der Erde noch sichtbar sind. Diese wurden daher lange von Schröter gesucht, und endlich

glaubt sie Gruithuisen entdeckt zu haben. Im Flecken Schröter (S), also, nach Gruithuisen, im fruchtbarsten Theile des Mondes (S. 308), nah an der schönen Mondsgegend, in deren Zenith beständig die Erde ist, finden sich zwei 5 Meilen lange, geradlinige Wälle, wovon einer genau im Meridiane liegt, der andre von Nordwest nach Südost geht; beide werden durch mehrere Mittelarme verbunden, so daß das Ganze eine Figur bildet, worin alle Linien und alle Winkel genau 45° oder 90° sind. In Nordosten ist noch ein sternschanzenartiger Wall. Es ist kaum zu bezweifeln, daß eine so regelmäßig gebildete Erscheinung nicht das bloße Werk der Natur sein könne; aber in der weiteren Verfolgung dieser Entdeckung spricht sich eine lebhafte Phantasie aus, die vielleicht das Richtige geahnet, vielleicht aber auch auf Irrthümer geführt hat. Die Mondsbewohner oder Seleniten bedürfen eines Schutzes gegen die Strenge ihres Winters, welche selbst die Aequatorländer nicht verschont. Feuerung würde ihnen bei der Dünne ihrer Atmosphäre nicht nützen, da diese ihnen nicht genug Wärmestoff geben kann; sie müssen also, nach Art der Kamschadalen, im Winter in zum Theil unterirdischen Wohnungen leben. Solche Wohnungen enthält nun jenes Riesengebäude für ein zahlreiches Volk. Hohe Rauchsäulen, die sich zuweilen daraus erheben, verrathen die Thätigkeit und Kultur der Bewohner, die vielleicht ihre meilenlangen Riesenbauten weniger Mühe gekostet haben, als die Aegypter und Chinesen die ihrigen, da wegen der geringen Größe des Mondes auch die Körper dort über 5 mal leichter sind, als bei uns. Auch zeigt es sich nicht isolirt; gerade Straßen verbinden es mit andren dunklen Stellen, wo ähnliche Gebilde zu sein scheinen; der durch regelmäßige Vierecke eingetheilte Boden bietet einen, dem holländischen Kanalbau ähnlichen

Anblick dar, und verräth vielleicht eine geordnete Ländervertheilung und daher eine bürgerliche Verfassung. Diese geraden Verbindungslinien finden sich zwischen dem 50sten Grade nördlicher und 37sten oder 47sten südlicher Breite überall, wo die dunkle Farbe des Bodens eine starke Vegetation voraussetzen läßt, in großer Menge, und zu gleicher Zeit zeigen sich oft niedrige Ringgebirge oder viele rundliche, dicht an einander stehende Hügel, welche wahrscheinlich einzelne Selenitenwohnungen sind. Zwischen zwei großen, nach Gruithuisen bewohnten, Flecken finden sich oft kleine Hügel, die also ohne Zweifel Herbergen für die wandernden Seleniten sind, und daß diese oder doch gigantische Thiere ihre Wege zu benutzen wissen, zeigen Beobachtungen wo sich auf solch einem Wege ein dunkler Flecken fortbewegte.

Zuweilen gehen zwei solcher Flecken gegen einander und trennen sich nach einiger Zeit wieder. Waren es etwa zwei Heere, die gegen einander zogen? Wenn sich dann vielleicht beide Flecken vereinigt nach derselben Richtung fortbewegten, und gar rascher, als sie gekommen waren, so würde nichts uns hindern, uns für Zeugen einer Schlacht und einer Flucht zu halten. Wenigstens würde der Mondbewohner nur zu häufig ähnliche Beobachtungen auf der Erde machen können, und die Flammen und den Rauch von Moskau, Leipzig und Waterloo eher für eine Wirkung mächtiger Erdrevolutionen, als für die einiger ehrgeizigen Wesen halten, von deren Dasein er vielleicht keine Ahnung hat.

Aber nicht nur das Dasein und die Wohnungen der Seleniten hat der scharfsinnige Beobachter zu erkennen vermocht, sogar ihre Religion bleibt ihm nicht verborgen. Der unter fast ewig heiterem Himmel lebende Selenit verehrt natürlich die Sterne, und je-

nes sternartige Gebäude ist wahrscheinlich ein den Sternen und vielleicht unsrer Erde geweiheter Tempel. Flammen, die in jener Entfernung kleinen Fixsternen ähnlich, nur ein kurzes und, wie die irdischen Feuer, unterbrochenes Dasein hatten, und von Andren für vulkanische Eruptionen oder für zurückgeworfenes Erdlicht oder Waldbrände gehalten sind, hält Gruithuisen, der sie vorzüglich wenige Tage vor dem Neumonde oder der Vollerde beobachtet hat, für künstliche Feuer, etwa bei Festen. Indeß wollen wir dem Forscher in seinen Kombinationen nicht weiter folgen, wie er Spuren thierischer und vernünftiger Wesen in allen Theilen des Mondes nachzuweisen sucht, indem er die auf dem Monde beobachteten Erscheinungen mit denen vergleicht, welche die Erde dem Mondsbewohner darbieten würde; müssen aber noch hinzufügen, daß ein andrer berühmter Astronom, Olbers, einen großen Theil dieser Beobachtungen für Täuschung hält. Wenn aber die Regelmäßigkeit jenes Mondfleckens sich bestätigt, möchte wol jede andre Erklärung der gruithuisenschen an Wahrscheinlichkeit nachstehen: und wer wollte alsdann dem Entdecker den Genuß verargen, auf dem gewonnenen Grunde sein Gebäude weiter zu führen, und auch da die Thätigkeit verständiger Wesen zu erblicken, wo vielleicht ein Andrer nur die Folge von Naturerscheinungen sieht?

Sechszehnte Vorlesung.

Die Kometen.

Die Körper, denen wir unsere Aufmerksamkeit vorzüglich gewidmet haben, die Planeten, bewegen sich in kreisähnlichen, wenig zu einander geneigten Bahnen; aber das Reich der Sonne beschränkt sich nicht auf diese und ihre Begleiter, vielmehr wird sie noch von einer großen Anzahl von Körpern in den verschiedensten Bahnen umlaufen: es sind die Kometen.

Jeder Körper, welcher der Anziehungskraft der Sonne gehorcht, bewegt sich in einer Ellipse, Parabel oder Hyperbel (S. 59.) um die Sonne, die sich in einem der Brennpunkte dieser Linien befindet. Die letzteren beiden dehnen ihre Arme in's Unendliche aus und kehren nie wieder zur Sonne zurück, wenn sie einmal von ihr gewichen sind; sie entfernen sich alsdann immer weiter von ihr, bis sie in den Bereich eines andren, sie stärker als die Sonne anziehenden Himmelskörpers gelangen und ihre Bewegung andren Gesetzen gehorcht. Ob es solche Körper gebe, ist ungewiß; wir müssen sie, bis wir durch Gründe vom Gegentheile überzeugt werden, für möglich halten, aber es möchte sehr schwer sein ihr Dasein zu beweisen. Wir sehn nämlich nur einen verhältnißmäßig

so äußerst geringen Theil der Kometenbahnen, daß wir nur auf eine sehr unsichere Weise die ganze Bahn zu beurtheilen vermögen. Wir können uns daher fast nur die Bahn derjenigen Kometen zu kennen rühmen, deren Wiederkehr beobachtet ist, und diese bewegen sich sämmtlich in Ellipsen.

Diese Linien bieten aber in ihrer Gestalt die größte Mannigfaltigkeit dar; die Theorie erlaubt Bewegungen sowohl in Kreisen als in Ellipsen, deren große Achse die kleine Achse so sehr überwiegt, daß die Bahn geradlinig zu sein scheint. Wie gewöhnlich berührten auch hier die ersten Theorien die äußersten Punkte. Nachdem man nämlich zu ahnen angefangen hatte, daß die Kometen keine Meteore, sondern Himmelskörper seien, suchte man auch ihre Bahnen zu bestimmen, aber freilich mit wenigem Erfolge; denn Tycho hielt sie für Kreise und Kepler für gerade Linien. Dörfel kam der Wahrheit näher, indem er sie für Parabeln erklärt; und in der That ist die Krümmung einer Ellipse in der Nähe der großen Achse gewöhnlich so wenig von einer Parabel unterschieden, daß man selbst jetzt noch sich oft damit begnügt, die Parabel zu bestimmen, der die Kometenbahn am nächsten kommt, und die ungleich schwierigere Berechnung der Ellipse oder die Verhältnisse der Sonnennähe und Sonnenferne nur unter günstigern Umständen anzustellen wagt. Erst Newton fand, aus Gründen der Theorie, das Elliptische der Kometenbahnen, und berechnete den Lauf des Kometen von 1680. Darin besteht auch unter andern der große Vorzug einer begründeten Theorie, daß sie selbst auf Fälle angewendet werden kann, welche die Erfahrung nicht erreicht hat oder nicht erreichen kann, und so vermögen wir die Entfernung und Geschwindigkeit der Kometen

in ihrem Aphelium zu bestimmen, obgleich wir sie in dieser Lage niemals beobachten können.

Der excentrischste der Planeten, Juno, ist in seinem Aphelium noch nicht zwei mal so weit von der Sonne entfernt, als in dem Perihelium; wir verlieren daher die Planeten fast niemals aus den Augen; die Kometen dagegen, die sich oft auf unermeßliche Weiten von der Sonne entfernen, können wir gewöhnlich nur in der Sonnennähe erblicken, und verlieren sie dann wieder auf lange Zeit. Wir sehen sie oft nur wenige Tage, höchstens ein Jahr, und ihre Umlaufszeit, die ganz dem dritten Keplerschen Gesetze folgt, währt oft Jahrhunderte und Jahrtausende. Der Komet, dessen Bahn und Umlaufszeit zuerst berechnet, und durch die Erfahrung bewährt ist, ist der von 1682. Halley verglich den der Beobachtung unterworfenen Theil seiner Bahn mit dem Kometen von 1607, fand die Gleichheit beider, berechnete seine Umlaufszeit auf $75\frac{1}{2}$ Jahre und sagte sein Wiedererscheinen auf das Jahr 1759 voraus. Durch seine Wiederkehr wurde Halley's Theorie bestätigt; er war auch schon 1456 und 1531 beobachtet und wird 1835 von Neuem sichtbar sein.

Ein für die Theorie vorzüglich wichtiger Komet ist der von Halley und Newton berechnete große Komet von 1680. Seine Umlaufszeit scheint 575 Jahre zu betragen. Er war, wenn man Whistons Rechnungen trauen darf, Zeuge der Sündfluth und der ogygischen Ueberschwemmung, des trojanischen Krieges, der Zerstörung Ninive's, erschien beim Begräbniß Julius Cäsars, um dessen Seele zum Olymp zu führen, und erhielt dafür Tempel und den Namen des Julischen Gestirns. In der für viele Völker unglücksvollen Zeit Kaiser Justinians und im Anfange der Kreuzzüge erschien er wieder, und 2255

wird man ihn wieder sehn. In diesen durch Berechnung gefundenen Epochen deuten in den ältesten Zeiten dunkle Sagen auf eine merkwürdige Himmelserscheinung, und in den späteren Zeiten führen die Geschichtsbücher der Griechen und Chinesen große Kometen an. Er kommt von allen beobachteten Kometen der Sonne am nächsten, ist in seiner Sonnennähe nur 28600 Meilen von ihrer Oberfläche entfernt, und sie erschien ihm unter einem Winkel von fast 100° am Gesichtskreise. Aber er entfernt sich auch 138 mal so weit von ihr, als die Erde, also über sieben mal weiter, als Uranus, und sieht sie dann nur wie einen Fixstern. In der Sonnennähe bewegt er sich 18 mal so schnell als die Erde, und in der Erdferne 3000 mal so langsam als diese.

Eine noch größere Periode hat der Komet von 1811: sein Perihel ist nach Bessel etwa der Erdferne gleich, sein Aphelium aber vermuthlich 450 mal so groß, oder 9000 Mill. Meilen; er kehrt wahrscheinlich erst nach 3000 Jahren wieder in die Sonnennähe zurück. Er hat also seit Moses und Sesostris Zeiten die Erde nicht gesehn, und von allen Erzeugnissen der Menschen wol nur die Pyramiden wieder gefunden. Aber welche Denkmäler wird ihm bei seiner Rückkehr unsre Zeit aufweisen können? Werden die Früchte des menschlichen Geistes dauerhafter sein, als jene von Aberglauben, Hochmuth und Sklaverei erbaueten Steinmassen? Man darf sich vielleicht mit der Hoffnung schmeicheln, daß, wenn im Laufe von 2 Jahrhunderten jene drei Schandflecke der Menschheit durch die Wissenschaften so sehr vermindert werden konnten, drei Jahrtausende sie völlig auslöschen werden; aber schlechter als jetzt fand der Komet das Menschengeschlecht vor Jahrtausenden wahrlich nicht, und besser wird er es wol auch nicht wiederfinden!

Wenn wir hier einen Kometen finden, dessen Umlaufszeit nur durch Jahrtausende gemessen wird, und wir keinen Grund haben zu vermuthen, daß dieser der entfernteste sei, so gibt es dagegen andre, deren Erdferne nicht über die Region der Planeten hinaus geht. Man hat ihrer 4 bis 5 beobachtet, deren Excentricität die der Juno nicht sehr übertrifft; die kürzeste Umlaufszeit hat der 1801 von Pons entdeckte, aber von Enke berechnete Komet. Dieser enkische Komet vollendet seinen Umlauf in 1207 Tagen; er ist bei uns im Jahre 1819 beobachtet, 1822 ist er zwar nicht in Europa, jedoch zu Paramatta in Neu-Süd-Wales von Rümcker gesehn, und im Juli und August 1825 in unsren Breiten erwartet, hat er durch sein Wiedererscheinen an dem von Enke berechneten Orte dessen Angaben vollkommen bestätigt.

Die Ebene der Kometenbahnen ist in ihrer Neigung zur Ekliptik ganz unbeschränkt. Wenn bei einigen die Neigung nur 7° betrug, also weniger wie bei manchen Planeten, und in einigen Fällen noch geringer ist, so stehn andre fast senkrecht darauf; bald geht ihre Bahn von Osten nach Westen, bald umgekehrt um die Sonne, und man hat bemerkt, daß unter 34 genau berechneten Kometenbahnen 17 rechtläufig und 17 rückläufig waren (S. 97.).

Auch in Rücksicht ihrer Entfernung von der Sonne scheinen die Kometen fast gleichförmig vertheilt zu sein; denn so weit sie beobachtet werden konnten, fand man die Anzahl derjenigen, die in zwei Räumen ihre Sonnennähe hatten im Verhältniß mit der Größe der Räume, so daß in gleichen Räumen auch eine gleich große Anzahl von Kometen war, und wir würden dieses vielleicht vollkommen bestätigt finden, wenn uns alle Kometen bekannt wären; aber sie sind in Rücksicht ihrer Größe und ihres Glan-

zes gewöhnlich so unbedeutende Erscheinungen, daß wir nur bei weitem den kleinsten Theil beobachten können, und sie sich nach kurzer Zeit auch den besten Fernröhren entziehen. Erwägt man ferner, daß sich eine Reihe von günstigen Umständen vereinigen muß, wenn wir die meistentheils teleskopischen Kometen bemerken sollen; daß sie weder am Tage, noch in der hellen Dämmerung erscheinen können — in der totalen Sonnenfinsterniß der Jahre 60 v. Chr., 409 und 1491 n. Chr. sah man Kometen am Himmel —; daß sie hoch genug über unseren Horizont steigen müssen, also nicht zu südlich sein dürfen — weshalb uns z. B. der enkische Komet i. J. 1822 unsichtbar geblieben ist — und daß uns selbst in günstigen Fällen bei heiterem Himmel viele durch Zufall entgehen können: so darf man ihre Anzahl wenigstens auf eine Million setzen, obgleich uns im Durchschnitt jährlich nur zwei sichtbar sind. Es ist also die bei weitem zahlreichste Klasse von Körpern des Sonnensystems, in denen auch in andren Rücksichten die größte Mannigfaltigkeit herrschen muß. Eigentlich sind auch die Planeten nur als eine besondere Art der Kometen zu betrachten, welche durch die Mittelplaneten mit den eigentlichen Kometen zusammenhängen.

Von der Erde aus betrachtet wird die Bahn der Kometen auf ähnliche Weise unregelmäßig erscheinen wie die der Planeten; bald werden sie sich direkt, bald indirekt, bald gar nicht zu bewegen scheinen; aber wie wir bei den Kometen überall Extreme finden, so zeigt sich dieses auch in der geocentrischen Bewegung. Viele sind mehrere Wochen über unsrem Horizont, andre gehn in langer Zeit nicht unter; einige scheinen kaum an der Himmelskugel fortzurücken, dagegen beschrieb z. B. der Komet von 1769 in einem Monate 60°, der von 1760 in einem Tage 41½ und der von

1472 sogar 120°. Dieses hängt von den Elementen der Kometenbahn, von seiner Nähe zum Perihelium, wo seine Geschwindigkeit am größten ist, und vorzüglich von seiner Nähe und Lage zur Erde ab. Zuweilen kommen sie der Erde sehr nahe. Der Komet von 1680 soll sich nach Whiston der Erde, zur Zeit der Sündfluth, bis auf 96000 Meilen genähert haben und 1440 hat ein andrer den Mond verdunkelt, ist also zwischen Erde und Mond durchgegangen. Ueberhaupt kann jeder Komet, dessen Perihelium innerhalb und dessen Aphelium außerhalb der Erdbahn fällt, der Erde sehr nahe kommen, ja sie sogar berühren.

Die ganze Lehre von den Kometenbahnen ist übrigens noch in ihrer Kindheit, und wir dürfen bloß hoffen, daß sie weniger Zeit zu ihrer Ausbildung gebrauchen werde, als die Lehre von den Umläufen der Planeten. Oft muß man sich mit der Kenntniß der Ebene begnügen, worin die Kometen sich bewegen; sie ist aus ihrer Neigung zur Ekliptik und der Lage ihrer Knoten bekannt. Durch das Perihelium konnte auch die Lage der elliptischen Achse bestimmt werden; aber die Länge derselben und die Umlaufszeit bleibt dabei unbestimmt. Man nennt diese Berechnungsweise die parabolische, weil man durch sie nur die Parabel kennen lernt, welche der Ellipse in ihrer Sonnennähe am nächsten kommt; die ganze Ellipse vermochte man aber früher nur durch die Rückkehr desselben Kometen zu finden. So wurde die Bahn der Kometen von 1680 und 1682 bestimmt, indem man mit ihnen die Bahnen früher beobachteter Kometen verglich. Die elliptische Berechnung, d. h. die vollständige Bestimmung der Kometenellipse hat man erst in den neuesten Zeiten aus einem einmaligen Erscheinen des Kometen zu berechnen gewagt. Und dennoch sind nur drei vollständige Beobachtungen nöthig, um die Lage

der Parabel zu bestimmen, worin der Komet läuft, und eine vierte lehrt die Ellipse kennen! Diese ist aber darum nicht minder schwer zu finden, denn selbst ein sehr geringer Fehler in der Beobachtung bringt einen sehr bedeutenden in der Bahn des Kometen hervor.

Ein andres Hinderniß, welches diese Klasse von astronomischen Berechnungen so sehr erschwert, sind die bedeutenden Veränderungen, welche die Bahnen erleiden. Dieses ist vorzüglich bei dem enkischen Kometen der Fall, der immer früher zur Sonnennähe zurückkehrt, als es der Berechnung nach geschehen sollte. Der Unterschied scheint vorzüglich in der Verminderung der Excentricität zu bestehen, daß also die Bahn der Kometen derjenigen der Planeten näher kommt. Der Komet von 1770, welcher der Berechnung gemäß nach $5\frac{1}{2}$ Jahren wiederkehren sollte, ist ganz ausgeblieben. Es finden also bei den Kometen noch Umstände statt, die auf die Planeten gar nicht, oder in einem weit geringeren Grade einwirken.

Wir wenden uns nun zu den Kometen selbst. Anaxagoras und Demokrit hielten sie für das zusammenfließende Licht mehrerer Planeten, eine Erklärung, welche sie, wahrscheinlich eben so wenig verstanden, als wir. Aristoteles, dessen Ansichten, wenn auch nicht von Irrthum, doch wenigstens von Unsinn frei waren, hielt sie wie die Sternschnuppen, Meteorsteine u. a. für eine Wirkung unsrer Atmosphäre, eine freilich sehr bequeme Erklärung, wenn er uns nur angegeben hätte, wie sie in unsrer Atmosphäre entstehen. Zwar hatte Seneka sehr helle Ansichten über die Kometen, die er mit Pythagoras für Himmelskörper erklärte, aber Aristoteles Meinung blieb mit seinen übrigen Ansichten vorherrschend, und selbst Tycho und Kepler hielten sie anfangs für plötzlich erscheinende und ver-

schwindende Meteore des den Raum erfüllenden Aethers. Seitdem jedoch die Berechnungen ihrer Bahnen geglückt sind, ist ihr Rang in der Reihe der Weltkörper unbezweifelt, aber ihre Beschaffenheit ist ein bis jetzt noch ungelöstes Problem.

Der Komet besteht aus einer kreis- oder ellipsenförmigen Scheibe, dem Kopfe des Kometen, die größtentheils aus einer so durchsichtigen Atmosphäre besteht, daß sie selbst die kleinsten Sterne nicht verfinstert, aber natürlich nach der Mitte zu an Dichtigkeit und Undurchsichtigkeit zunimmt. Oft befindet sich in der Mitte ein viel kleinerer Kern, der sich durch seine größere Dichte und Undurchsichtigkeit von der Atmosphäre unterscheidet. An die Scheibe schließen sich oft einer, zwei oder mehrere mannigfach gestaltete, veränderliche Schweife, deren Länge nicht selten Millionen Meilen beträgt. Der Glanz, der zuweilen dem der nächsten Planeten nicht nachsteht, ist bei den kleinen Kometen so unbedeutend, daß er selbst durch teleskopische Sterne verdunkelt wird. Auch an Farbe sind sie sehr verschieden; zuweilen haben sie ein silberweißes Licht wie der Mond, zuweilen ein feuerrothes, wie in den Jahren 876, 906, 1103, 1618. Von den zahllosen Kometen können die meisten nur durch die besten Fernröhre wahrgenommen werden, so daß uns nicht viel mehr, als ihr Dasein und ihre Bahn bekannt ist. Desto genauer hat man diejenigen kennen zu lernen versucht, welche ein glücklicher Umstand in unsre Nähe geführt hat; aber diese boten in allen ihre Gestalt und ihre Größe betreffenden Erscheinungen die größte Mannigfaltigkeit dar, so daß fast jeder Komet durch einen ihm eigenthümlichen Umstand ausgezeichnet ist.

Die Gestalt der Kometen scheint sphäroidisch zu sein, so daß der größte Durchmesser der Sonne zugekehrt ist, ähnlich dem muthmaßlichen Verhältnisse des

Mondes zur Erde (S. 208.); z. B. bei dem Kometen des Jahrs 1744 verhielten sich die beiden Durchmesser wie 3:2. Die Größe der Scheibe ist sehr verschieden, zuweilen von der scheinbaren Größe der Sonne und des Mondes, wie in den Jahren 146 v. Chr., 59 (zu Nero's Zeiten), 1006 und 1652 nach Chr., zuweilen nur durch die schärfsten Fernröhre zu erkennen. Indeß sind die Messungen ihrer scheinbaren Größen sehr unzuverlässig. Die Atmosphäre ist nicht scharf genug begrenzt, daß man sie als Grundlage der Messung betrachten könnte, und die Grenze der Atmosphäre und des Kerns ist so undeutlich, daß z. B. Herschel den Durchmesser des Kerns des Kometen von 1811 auf 1000 Meilen und Schröter ihn auf 120 schätzte, indem sie aus der von ihnen beobachteten scheinbaren Größe und der bekannten Entfernung die wahre Größe leicht berechnen konnten (S. 53.). Wenn zwei solche Beobachter in dem Grade von einander abweichen, so verdienen ältere Messungen noch weit weniger Vertrauen, besonders da die Größe selbst Veränderungen unterworfen ist. Nach Hevel war der Komet von 1652 viel kleiner nach dem Perihel als vorher, wo sein Durchmesser 825 Meilen betrug; bei andren Kometen fand das Gegentheil statt, und bei dem von 1744 sah man deutlich mehrere Dunstschichten von dem Kometen nach der Sonne aufsteigen, welches bedeutende Veränderungen voraussetzt.

Ob der Kern ganz undurchsichtig ist, bleibt noch unentschieden; zwar hat man durch den Kern selbst nur in seltenen Fällen, oder nie, Sterne erblickt, aber man hat auch keine Lichterscheinungen gesehen, wie bei dem Monde und den Planeten (S. 169, 185) wenn man nicht den von 1744 ausnehmen will, wo einige Astronomen sie beobachtet zu haben glauben;

auch hat man noch niemals Kometen, die der Berechnung nach zwischen uns und der Sonne durchgingen, als schwarze Flecken durch ihre Scheibe gehen sehn. Der kleine Kern kann jedoch durch das eigene, oder von der großen Atmosphäre reflektirte Licht erleuchtet werden. Sie betrug bei dem Kometen von 1744, bei dem der Kern einen Durchmesser von 1376 Meilen gehabt haben soll, 8000 Meilen. Noch größer war sie beim Kometen von 1799, da sie Schröter auf 22000 Meilen schätzt, und den Durchmesser nur auf 373 Meilen. Von den Planeten kommen ihnen also Juno, Ceres und Pallas am nächsten, die ihnen auch in den Verhältnissen ihrer Bahn am ähnlichsten sind. Der Glanz der Sterne, welche durch die Atmosphäre der Kometen gesehen werden, wird nicht nur nicht vermindert, sondern wol gar, nach Olbers Beobachtung, noch erhöht, welches nur durch ein Selbstleuchten der Atmosphäre verursacht werden kann. Diese ist übrigens der Sitz großer Revolutionen, und in beständiger Veränderung begriffen.

Eine sehr merkwürdige Erscheinung bot der Komet von 1618 dar. Er erschien nämlich anfangs mit gleichförmiger Oberfläche, bald wurde er aber dunkler und löste sich in einen Haufen Sterne auf, wovon vorzüglich drei sich durch ihren Glanz auszeichneten. Seine Farbe war nach Kepler wie fließendes Gold, in Konstantinopel blutroth. Aehnliches sah Hevel im J. 1661. Die Ursache dieser Phänomene ist bis jetzt völlig dunkel; vielleicht gehören sie zu den später zu behandelnden Meteorsteinen.

Die Natur der Kometen ist zwar auf allen Theilen ihrer Oberfläche wahrscheinlich dieselbe, aber die Erscheinungen, welche auf ihnen die Nähe der Sonne hervorbringt, werden von der Lage derselben bedingt. Die atmosphärischen Revolutionen werden sich daher

nicht gleichförmig um den Kometen verbreiten, sondern mehr ringförmig. Sind es verschiedene atmosphärische Schichten, die sich auf diese Weise um den Kometen bilden, so werden sie uns, nach unsrer Lage, bald als Ringe, bald als Streifen erscheinen. Von beiden hat Schröter Beispiele beobachtet.

Durch fast alle bis jetzt angegebenen Eigenschaften der Kometen sind diese nicht wesentlich von den Planeten unterschieden, welche sie ebenfalls, nur in geringerem Grade, besitzen. Aber das Haar und der Schweif, welche die meisten Kometen haben, geht den Planeten völlig ab. Der Kopf des Kometen ist noch von lockeren haarigen Dünsten umgeben, die ihn sehr zu vergrößern scheinen. Es hatte z. B. der Kern des Kometen von 1807 einen Durchmesser von etwa $1^1/_2$″ oder 172 Meilen, die Atmosphäre 45″, aber mit dem Haare betrug der Durchmesser der Scheibe 6′, also acht mal so viel, wie ohne dasselbe. Dieses bildet nun gewöhnlich die Grundlage eines Kegels, der sich von dem Kometen nach der der Sonne entgegengesetzten Seite erstreckt. Die Dunstmasse dieses Kegels oder Schweifes scheint sich allmälig in dem Raume zu verlieren; er hört nur dann auf, sichtbar zu sein, wenn sein Glanz für unser Auge zu schwach wird, einem besseren Auge erscheint er in viel größerer Länge; durch ein Fernrohr, das, ihn zu sehr vergrößernd, seinen Glanz mindert, wird er kleiner gesehn als durch ein gleich gutes, aber weniger vergrößerndes Rohr. Auch bei heiterem Himmel ist er viel größer, z. B. der Schweif des Kometen von 1769 schien in London 43° groß, in Paris 58°, auf der Insel Bourbon 60° und auf Teneriffa 75°. Man findet sogar nicht selten Schweife von 90° Länge, z. B. 1618, 1680, so daß sich auch die Erde zuweilen mitten in dieser Dunsthülle befindet. Wiederum sind

ganz schweiflose Kometen nicht selten z. B. 1585, 1665, 1682. Man darf diese Schweife nicht mit denen vergleichen, welche die Bahn der Schiffe im Meere, oder die der Feuerkugeln in der Luft bezeichnen; diese richten sich nur nach dem Wege des Körpers, jene aber nach der Lage der Sonne.

Die scheinbare Größe des Schweifes hängt natürlich auch von der Lage ab, in welcher wir ihn sehn. Da er in der Regel von der Sonne abgewandt ist, so wird der Schweif eines Kometen, der des Morgens erscheint, nach Westen gerichtet sein, also, da sich jeder Himmelskörper auf seiner täglichen Bahn von Osten nach Westen bewegt, vor ihm herzugehen scheinen; — erscheint er des Abends, so ist der Schweif nach Osten gerichtet und folgt dem Kometen. In der Konjunktion wird er vom Glanze der Sonne verdunkelt, und in der Opposition sieht man nur den Kopf mit dem ihn umgebenden Haare. Ist er nicht regelmäßig gestaltet, so sieht man ihn an den Seiten wie Haarbüschel hervorragen. Zwischen den Quadraturen und den Oppositionen und Konjunktionen des Kometen hat der Schweif eine seiner Lage angemessene Größe. Der Berechnung nach befand sich der große Komet d. J. 1819 im Juni zwischen uns und der Sonnenscheibe: eine höchst seltene Konjunktion, die aber noch nie beobachtet ist. Sie könnte manchen Aufschluß über die Natur der Kometen gewähren.

Der Schweif ist aber selten regelmäßig, sondern gewöhnlich so gebogen, daß die Wölbung nach der Seite gerichtet ist, wohin die Bewegung geht, also die Spitze zurückgebogen. Diese ist oft gespalten oder fächerförmig z. B. 1744. Sehr oft finden sich zwei Schweife, die wol mit nordlicht-ähnlichen Stralen verbunden sind. Zuweilen scheint der Schweif gar nicht mit dem Kometen zusammen zu hängen, von dem ihn eine dunkle Stelle trennt: so vorzüglich bei

dem Kometen von 1811, auch, wenn gleich minder ausgezeichnet, 1744, 1819, 1824. Der Komet von 1824 hatte zwei Schweife, die fast in einer geraden Linie lagen, welche verlängert die Sonne durchschnitten haben würde. Der der Sonne zugekehrte Schweif war fast eben so hell, und noch länger als der andre. Doch verschwand er nach wenigen Tagen. Alle diese Abänderungen treten bei demselben Kometen oft innerhalb weniger Tage ein, so daß die Gestalt des Schweifes in beständigem Wechsel begriffen ist. In der Regel nimmt dieser mit der Nähe zur Sonne zu, und erreicht im Perihel seine größte Länge, zuweilen erst später; nicht selten aber kommt er auch sehr vermindert von der Sonnennähe zurück. Wenn die Kometen in diesem kleinen Theile ihrer Bahn so große Veränderungen erleiden, so werden diese bei verschiedenen Umläufen noch ausgezeichneter sein. Der Komet von 1682 erregte wegen seiner Größe die Aufmerksamkeit aller damaligen Astronomen, war aber schweiflos. Halley sagte seine Wiederkehr auf das Jahr 1759 voraus; aber seine Gestalt hatte sich um diese Zeit so sehr verändert, und er hatte an seiner Größe so viel verloren, daß er nur durch die Uebereinstimmung seiner Bahn (S. 317.) wiedererkannt werden konnte. Eben so unbedeutend war er auch 1531, aber 1456 hatte er einen Schweif von 60° Länge.

Der Kometenschweif hat in der Gestalt einige Aehnlichkeit mit der Flamme; auch diese erhebt sich von dem brennenden Körper, der Richtung der Schwere, die beim Kometen nach der Seite der Sonne ist, entgegen; auch sie hat nur eine durch unsre Gesichts- und Gefühlswerkzeuge zu bestimmende Grenze, beugt die Spitze, wenn der Körper bewegt wird, zurück und kann durch verschiedene Umstände alle Gestalten annehmen, die man bei den Kometenschweifen bemerkt hat. Wir dürfen aber nicht

aus der Aehnlichkeit der Erscheinungen auf die Aehnlichkeit der Ursachen schließen. Die Ursache, welche die Flamme in die Höhe treibt, die Leichtigkeit des brennenden Gases, findet bei den Kometen nicht statt, wo vielmehr der Stoff des Schweifes noch immer schwerer ist, als der im Weltraum verbreitete Aether, wenn man dessen Dasein auch zugeben will. Vielleicht ist folgende Ansicht nicht sehr von der Wahrheit entfernt. Der Komet, in seiner Entfernung von der Sonne ein fester (vielleicht metallischer) Körper, wie die Planeten, wird in der Nähe derselben, durch die verhältnißmäßig starke Hitze, an seiner Oberfläche größtentheils in Dampf verwandelt, der sich, vermöge seiner Elasticität, nach allen Seiten gleichförmig verbreitet, aber wegen seiner großen Ausdehnung fast ohne Einfluß auf das Licht, und daher unsichtbar ist. Aehnliche Ursachen, wie diejenigen, welche die Ebbe und Fluth (S. 209.) hervorbringen, werden diesen Dampf vorzüglich an den beiden von der Sonne ab- und ihr zugekehrten Richtungen ausdehnen. Aber an der von der Sonne abgewendeten Seite findet der Dampf nicht mehr den seiner Menge angemessenen Wärmegrad vor, er schlägt sich als ein feiner Nebel nieder, der uns sichtbar wird, theils indem er das Licht der Sonne reflektirt, theils durch eigenes Leuchten, eine Eigenschaft, die ihm mit vielen andren sehr fein vertheilten Dunstarten gemeinschaftlich ist. Der Schweif wäre also eine ungeheure Kometenwolke, die wie die Wolken unsrer Erde, nicht gleich wieder aufgelöst wird, sobald die Ursachen, wodurch sie gebildet worden ist, zu wirken aufhören. Weil bei dem Fortrücken der Kometen der Kopf, wegen seiner Nähe zur Sonne, stärker bewegt wird, als die entfernteren Theile des Schweifes, so bewegt sich dieser langsamer und erscheint deshalb zurückgebogen. Ist die Bewe-

gung stark, so bildet sich wol ein neuer Schweif. Auch die übrigen Aenderungen der Gestalt können bei einem von so heftigen Revolutionen durchwühlten Körper, wie der Komet in seiner Sonnennähe ist, nicht befremden. Eine starke Strömung von warmen Gase kann z. B. den Nebel zum Theil wieder in Dampf verwandeln, und so das Fächerförmige, Gespaltene des Schweifes hervorbringen. Je größer die Wärme, desto geringer ist die Menge des Nebels und desto kleiner ist der Schweif; je größer dagegen die Menge des Dampfes ist, desto größer ist auch die durch Wärmeunterschiede niedergeschlagene Nebelmenge; es kann daher wol eintreten, daß der Nebel an der Oberfläche selbst unmerklich ist. Hierdurch wird wahrscheinlich die oben bei den Kometen von 1811, 1744, 1319, 1824 angeführte Erscheinung verursacht.

Einen Haupteinfluß auf die Streifbildung scheint die Achsendrehung der Kometen zu üben. Bei den Planeten und Trabanten haben wir sie auf sehr mannigfaltige Weise kennen gelernt, bei den zahlreichen Kometen ist sie es gewiß in keinem geringern Grade, aber wir kennen sie noch bei keinem einzigen dieser Körper. Einige schwingen sich vielleicht wie die Trabanten um ihre Planeten, indem sie der Sonne immer dieselbe Seite zuwenden; man könnte sie Sonnentrabanten nennen. Durch die anhaltende, auf dieselbe Stelle wirkende Anziehung der Sonne mag sich die Masse der Kometen vorzüglich an der der Sonne zugekehrten Seite anhäufen, und die durch den Unterschied der Anziehung veranlaßte atmosphärische Fluth, auf der der Sonne abgekehrten Seite am stärksten sein. Diese Achsendrehung ist also der Schweifbildung sehr günstig. Dasselbe findet statt, wenn, wie wahrscheinlich bei Uranus, der Aequator senkrecht auf der von der Sonne zum Kometen gezo-

genen Linie, dem Radius Vektor, steht. Wenn aber, wie beinahe beim Jupiter, die Schwingungsachse senkrecht auf jener Linie ist, so ist von der Atmosphäre, so weit diese nämlich wirklich die Achsendrehung theilt — welches, wie wir sehn werden, wahrscheinlich nicht allezeit der Fall ist — stets ein andrer Theil der Sonne entgegengesetzt, der Nebel, aus welchem der Schweif besteht, schlägt sich gleichförmiger um den ganzen Kometenkörper nieder, und der Kopf des Kometen wird mehr von jener flockigen Hülle umgeben. Durch die verschiedenen Neigungen des Radius Vektor und der Achse, die Geschwindigkeit, Größe und Nähe des Kometen, und wahrscheinlich auch durch die Bestandtheile derselben werden die mannigfaltigen Bildungen der Kometenschweife hervorgebracht.

So interessant die weitere Ausführung dieser Ansicht auf die einzelnen Kometen sein würde, so müssen wir dennoch von diesem Gegenstande scheiden und noch etwas über die Ursachen anführen, welche die Excentricität der Kometen fortdauernd vermindern. Dieses rührt vielleicht von dem im Weltraume verbreiteten dünnen Stoffe, oder auch von der Sonnenatmosphäre her, in welcher sich die Kometen oft bewegen. Die Rechnung zeigt, daß ein solcher Widerstand die Excentricität beständig mindern werde, dagegen auf die Lage der Bahn, d. h. ihre Neigung zur Ekliptik und ihre Knoten, keinen Einfluß übe. Bei den dichtern Planeten findet dieses in so unbedeutendem Grade statt, daß man seit Jahrtausenden keine Veränderungen in den Bewegungen der Erde wahrgenommen hat, aber bei den Kometen kann sie, vorzüglich in der Sonnennähe, schon sehr bedeutend werden. Zwar bewegt sich der Körper in seiner Sonnenferne langsam, und der geringe Raum, auf welchen er zusammengepreßt ist, macht bei ihm sowohl wie bei

den Planeten den Widerstand jenes luftförmigen Körpers unbedeutend, dieser nimmt aber mit der Geschwindigkeit in starkem Verhältnisse zu, so daß z. B. ein sich neun mal rascher bewegender Körper einen 81 mal so großen Widerstand erleidet. In der Nähe der Sonne tritt der an Umfang vielfach vergrößerte Komet in die dichtere Sonnenatmosphäre; alle Erscheinungen, die Geschwindigkeit und der Umfang des Kometen und die Dichte des luftförmigen Körpers, in dem er sich bewegt, vereinigen sich also, um seine elliptische Bewegung zu vermindern und seine Bahn sowohl der Kreisform als der Sonne zu nähern, in welche er sich also, wenn kein andrer Umstand diesen Ursachen entgegenwirkt, endlich stürzen wird. Wenn die Atmosphäre der Sonne in der Richtung ihres Aequators sehr ausgedehnt ist, wie es aus den Erscheinungen des Zodiakallichts zu folgen scheint, so werden die Kometen aus ähnlichen Ursachen sich immer mehr dieser Ebene nähern; aber hier stoßen sie auf neue Feinde. Wenn nämlich ihre Excentricität größer als die der Planeten ist, und ihre Bahn nicht sehr von derjenigen der letztern abweicht, so wird sie diese während eines Umlaufs in vier Punkten durchschneiden, und wenn sie sich alsdann auch in der Nähe der Planeten befinden, so können sie leicht von ihrer Bahn abgelenkt und um den Planeten zu laufen gezwungen werden. So haben vielleicht die Planeten einige ihrer Trabanten erhalten, die entfernteren, größeren Planeten am meisten, auch (der größte der unteren Planeten) die Erde, verdankt vielleicht ihren Mond einer ähnlichen Ursache.

Daß die auf die Kometenbahn so einflußreichen Umstände auf die Planeten ganz ohne Wirkung sein sollten, ist unwahrscheinlich, obgleich sie durch die Achsendrehung der Sonne, die fast in derselben Rich-

tung statt findet, wie die Bewegung der Planeten, noch mehr geschwächt wird; indeß wird man wol erst in Jahrtausenden wissen, ob die Neigungen der Erde, der Ceres und Juno zum Sonnenäquator aus dieser Ursache abgenommen haben oder nicht.

In dem Aberglauben der Völker aller Zeiten und Länder haben die Kometen eine Hauptrolle gespielt. Gewöhnlich waren sie Unglücksverkünder, zuweilen auch das Gegentheil. Im Jahre 59 nach Chr. deutete ein Komet auf Nero's Tod, also auf ein glückliches Ereigniß; bei Mithridats Geburt auf Unglück; bei Cäsars Tode war er ein Zeichen, daß Cäsar unter die Götter aufgenommen sei. 1337 wurde ein Pfauenschwanz (Komet) am Himmel gesehn, der auf den Zwist zwischen Pabst und Kaiser deutete. Die Juden, welche bei der Uneinigkeit ihrer Gegner den Messias erwarteten, schlossen einen Bund wider den Kaiser; aber als ein Blutregen ihren Plan verrathen hatte, wurden die armen Juden im römischen Reiche allenthalben gefangen und verbrannt. Sogar im Jahre 1664, wo man schon Kometenbahnen zu berechnen anfing, erschien ein Komet, der wie ein Todtenkopf aussah, und, „weil er von Osten nach Westen ging", Türkenkrieg bringen sollte. Man war dabei nicht consequent genug zu bedenken, daß dasjenige, was dem einen von zwei kriegführenden Völkern Unglück bringt, dem andren Glück ist. In neueren Zeiten, wo man die Dauer ihrer Erscheinung und ihre Wiederkehr voraussagen konnte, und der Aberglaube überhaupt durch vermehrte Kultur vermindert worden ist, schwand mit der Furcht vor den Sonnenfinsternissen auch die vor Kometen; daher betrachtet sie jetzt das Volk mit gleichgültiger Neugier, und der Astronom mit der größten Aufmerksamkeit, der den günstigen Augen-

blick erhaschen will, um die Eigenschaften jener räthselhaften Körper genauer kennen zu lernen.

Von den großen Einflüssen, die man sonst den Kometen zuschrieb, hat sich auch nicht einer bestätigt. Man pflegt zwar auch jetzt noch oft ein Kometenjahr für ein gutes Weinjahr zu halten, allein genauere Untersuchungen haben auch hier die Täuschung bewährt: die Jahre worin große Kometen erschienen, brachten gute, mittelmäßige und schlechte Weine hervor, hatten trockene und feuchte Witterung, Epidemieen und auch nicht. In keiner Rücksicht hat man Unterschiede bemerkt, denn auch auf den Fall der Meteorsteine und auf Ebbe und Fluth ist bis jetzt jeder Komet ohne Wirkung geblieben. Daß es einmal geschehen könne, läßt sich nicht läugnen, denn der Komet von 1770 kam der Erde fast so nahe als der Mond, und würde, wenn er eben so viel Masse gehabt hätte, als sie, das Jahr um zwei Stunden 47′33″ verlängert haben, oder wenn er nur $^1/_{5000}$ derselben gehabt hätte, um $3^1/_2$″; aber es ist gar keine Veränderung eingetreten. Auch im Jupitersystem, das er auf seiner Bahn durchschnitten hat, ist durch seine Anwesenheit nichts verändert worden, ja es ist sogar möglich, daß ihn Jupiter als begleitenden Kometen bei sich behalten hat, da er ihn 224 mal stärker anzog als die Sonne, und der Komet zur erwarteten Zeit nicht wiedergekehrt ist. Wir haben uns also nicht sehr vor Kometen zu fürchten, denn selbst wenn uns ein solcher sehr nahe käme, würde sich die ganze Wirkung wahrscheinlich auf eine starke Ebbe und Fluth beschränken, und die Erde gewänne einen Begleiter mehr. Auch hat Olbers berechnet, daß von 439 Mill. Kometen, deren Kern so groß ist wie die Erde, sie nur einer berühren wird, also, wenn man annimmt, daß jährlich zwei in das Perihel kommen, in 220 Mill. Jahren einer. Nimmt man

den Durchmesser der Kometenatmosphäre = 6 Erddurchmesser, so würde die Erde in 8 — 9 Mill. Jahren nur von einer berührt werden. Wir können also vor Unglück, welches aus Kometen entspringt, ziemlich sicher leben, besonders da der Kern gewöhnlich viel kleiner als die Erde, und die Atmosphäre so dünn ist, daß sie ohne bedeutende Wirkung bleibt. Auch ist die Anzahl der schädlichen Einflüsse, denen der Mensch unterworfen ist, so unermeßlich groß, daß die Gefahr vor Kometen, selbst wenn sie drohender wäre, keine Berücksichtigung verdiente. Daß die Kometen gänzlich ohne Einfluß auf die Atmosphäre und die Menschen seien, darf man übrigens nicht behaupten; denn die Gegenstände, welche auf die Entwickelung und die Gesundheit der Thiere und Pflanzen einwirken, haben sich bis jetzt größtentheils der Beobachtung entzogen, und so könnte auch der Schweif und die Kometenatmosphäre, in deren Mitte wir uns oft befinden, manche Wirkung hervorbringen, deren Gründen wir bis jetzt vergeblich nachgeforscht haben.

Fast noch unbekannter als die Kometen sind die leuchtenden Körper, welche in heiteren Nächten in zahlloser Menge unsren Himmel durchkreuzen, und zuweilen als schleimige, erdige oder metallische Massen auf unsre Erde niederfallen. Sie entziehen sich den Beobachtern sehr rasch, indem sie in wenigen Sekunden mehrere Meilen durchschneiden, und ihre Bahn und ihre Größe konnte deshalb nicht genau bestimmt werden; indeß muß diese in Verhältniß ihrer Entfernung gering sein, indem sie uns meistentheils als bloße Punkte erscheinen. Da kleine leuchtende Körper in der Entfernung den Sternen ähnlich sind, und jene Meteore nur in sternhellen Nächten gesehen werden können, so erscheinen sie uns wie Sterne, die, vom Himmelsgewölbe gelöst, dem Horizonte zufliegen; da-

her ihr Name Sternschnuppen. Ist ihre Entfernung von der Erdoberfläche nicht so groß, daß ihr Durchmesser verschwindet, so erscheinen sie gewöhnlich als feurige Kugeln, haben aber auch wol andre Gestalten, die, von den Abergläubigen mit Gegenständen der Wirklichkeit und der Einbildungskraft verglichen, wie die Kometen, auf die Schicksale der Menschen gedeutet werden.

Die Sternschnuppen sind nie unter Wolken gesehen worden. Sie sind, nach Humboldt, im Durchschnitte 8 Meilen von der Oberfläche der Erde entfernt, erreichen aber auch, nach Benzenberg, eine Höhe von 22, ja 40 deutschen Meilen. Ihre Anzahl ist in verschiedenen Ländern und Zeiten verschieden, und scheint von denselben Umständen abzuhängen wie die Anzahl der sichtbaren Sterne. In unsren Klimaten sieht man zuweilen in einer Nacht mehrere Tausende; in den Aequinoktialländern und bei wolkenfreiem Himmel ist ihre Anzahl noch größer, und dieses scheint in noch höherem Grade in den Ländern der Fall zu sein, wo durch die Ausdünstungen der Vulkane die oberen Schichten der Luft wärmer und verdünnter sind. Unter diesen günstigen Umständen lassen sie wol auf ihrer Bahn einen Schweif zurück, der 12 bis 15 Sekunden anhält. Dieser Schweif ist also nicht mit dem der Kometen zu vergleichen, der einen Theil ihrer Masse enthält, sondern mit demjenigen, welchen schwimmende Körper im Wasser zurück lassen (S. 327).

Die Feuerkugeln gehören zu den seltensten Erscheinungen, und wenn wir annehmen dürfen, daß sie dieselben Körper sind wie die Sternschnuppen, nur in geringerer Entfernung, so müssen diese unsrer Erde entweder nur selten nahe genug kommen, um als Kugeln gesehen werden zu können, oder sie hören, wenn

sie näher kommen, auf zu leuchten und uns sichtbar zu sein. In den niedren Schichten unserer Atmosphäre erleidet die Bahn und Gestalt dieser Körper mancherlei Veränderungen: zuweilen entfernen sie sich wieder, und scheinen also von der Atmosphäre, wie von einem elastischen Körper zurückzuprallen, zuweilen verlöschen sie ganz oder zertheilen sich in mehrere kleine Kugeln, die theils ihre Bahn fortsetzen, theils verlöschen; viele dagegen stürzen auf die Erdoberfläche. Ihr Durchmesser beträgt wol 100 Fuß.

Die letzteren waren zu allen Zeiten für die Abergläubigen ein Gegenstand des Entsetzens, und die Umstände ihres Niederfallens wurden gewöhnlich so sehr mit Mährchen vermengt, daß die Naturforscher die schleimigen für Erzeugnisse der Atmosphäre erklärten, das Dasein der metallischen, steinigen und erdigen aber ganz leugneten. Diese unter dem Namen der Meteorsteine oder Aërolithen so berühmt gewordenen Körper sind daher erst seit wenigen Jahren außer Zweifel gesetzt, und seitdem so häufig beobachtet worden, daß man über die Hartnäckigkeit der Naturforscher erstaunen muß, die ihr Dasein so lange Zeit ganz verwerfen konnten. In Großbritannien und Irland, Frankreich, Deutschland und Italien d. h. auf den 33000 Quadratmeilen der Erde, wo man diesen Untersuchungen vorzügliche Aufmerksamkeit geschenkt hat, sind in den ersten 22 Jahren unsres Jahrhunderts 27 Meteorsteinfälle beobachtet worden. Da kein Grund bekannt ist, warum auf den 9300000 Q. M. der Erde nicht verhältnißmäßig eben so viele Meteorsteine gefallen sein sollten, so findet man aus dem Verhältniß 33000:27 = 9300000: — 7609, daß in 22 Jahren auf der ganzen Erde 7609, oder jährlich 346 Steine gefallen sind, wovon etwa 100 auf das feste Land, und 6 — 7 auf Europa kommen. Diese Zahl wird

noch bedeutend durch die Fälle vermehrt, welche sich entweder bei hellem Tage oder ganz dunklen Nächten, und in Wäldern, Flüssen, Seen, oder überhaupt in wüsten Gegenden ereignet haben, und selbst in jenen kultivirten Ländern unbekannt geblieben sind.

An die eigentlichen Meteorsteine, deren Bestandtheile in verschiedenen Verhältnissen gemengte Metalle und Erden sind, reihen sich wahrscheinlich die unter den Namen Meteorregen, Meteorstaub u. a. m. bekannten Erscheinungen. Zwar gehören nicht alle aus der Luft gewöhnlich mit Regen oder Schnee herabkommenden Körper hierher, indem z. B. der Blut-Regen und Schnee ihre Farbe organischen Stoffen verdanken; aber viele habe nähnliche Bestandtheile wie die Meteorsteine und sind vielleicht kleine Trümmer derselben, die lange in der Atmosphäre schwebten und endlich entweder sich von selbst herabsenkten, oder von den wässrigen Niederschlägen herabgeschwemmt wurden. Sehr selten ist der meteorische Hagel d. h. gewöhnlicher Hagel in dessen Innern sich ein Schwefelkieskrystall oder ein ähnlicher Körper befand. Die Bildung dieses Hagels ist um so dunkler, da die des Hagels selbst noch nicht genügend erklärt ist. Vielleicht hatten sich die Steinkerne in der oberen kalten Luft ohne Erwärmung bewegt, und als sie in die niedrigere feuchte Luft herabstiegen, schlug sich der Wasserdampf als Eis auf sie nieder.

Der Ursprung aller dieser Körper ist noch jetzt unentschieden. Wenn wir auch die schleimigen Massen für Erzeugnisse unsrer Atmosphäre halten wollten, so verrathen doch die Bestandtheile der Meteorsteine eine fremde Welt. Zwar haben sie zuweilen einige Aehnlichkeit mit den vulkanischen Auswürflingen unsrer Erde, aber ihre große Masse und Dichtigkeit, und die bedeutende Entfernung, in der sie sich von

jedem Vulkane befinden, machen diesen Ursprung unmöglich.

Minder unwahrscheinlich ist die Vermuthung, daß sie von den Vulkanen des Mondes ausgeworfen seien. Die Anzahl der Meteorsteine ist aber zu groß, als daß sie sämmtlich von einer so beschränkten Ursache herrühren könnten, und Vulkane, die mit so ungeheuerer Kraft diese großen und zahlreichen Massen fortschleudern könnten, würden den Beobachtern nicht entgangen sein.

Die meisten Naturforscher halten daher die Meteormassen für Körper, die sich, wie die Planeten, Trabanten und Kometen, frei im Raume bewegen, und sich unter gewissen Umständen in dieselben stürzen. Jede große Katastrophe unter den Himmelskörpern, das Zersprengen eines Planeten, der Zusammenstoß eines Kometen mit einem andren Körper, verbreitet eine Menge von größeren und kleineren Bruchstücken in dem Weltraume, die sich den Gesetzen der Anziehung gemäß bewegen, und mit der Erde zusammenstoßen können. Vielleicht bestehn sie größtentheils aus kleinen Trümmern jenes großen Planeten, wovon die vier Mittelplaneten die Hauptüberreste zu sein scheinen (S. 180); andre sind vielleicht gleichzeitig mit den Planeten entstanden; einige können sogar den Vulkanen der Erde und des Mondes ihren Ursprung verdanken. Ein Körper, der z. B. aus dem Monde mit einer Geschwindigkeit von 8000 Fuß in der Sekunde geworfen wird, ist nach 5 Stunden aus dessen unmittelbarem Bereich und bewegt sich frei im Raume. Ein Körper, der sich von der Erde 121 mal so rasch entfernt wie eine Kanonenkugel, also etwa 72000 Fuß in der Sek., wird ein rechtgängiger, und 156 mal so rasch, ein rückgängiger Trabant der Erde. Unter ähnlichen Umständen lösen sich einzelne Stücke von den übrigen

Körpern des Sonnensystems ab. Zwar hat man diese, wegen der Menge und Kleinheit der Körper, bis jetzt noch bei keinem einzigen genauer bestimmen können, sobald aber ein Meteorstein einem größeren Körper nahe kommt, so wird er von diesem angezogen, und stürzt sich endlich in ihn, da die Geschwindigkeit seiner Bewegung, die ihn allein vor der Kraft der Anziehung schützen kann, durch den Widerstand der Atmosphäre gemindert wird.

Wir würden daher unter den Meteorkörpern vielleicht einige finden, die sich in Planeten- und Kometenbahnen um die Sonne, und andre die sich um Planeten, ja vielleicht selbst um Kometen und Trabanten, oder um andre, größere Meteorsteine bewegen. In so fern die vom Himmel gefallenen Massen nicht Erzeugnisse unsrer Atmosphäre sind, unterscheiden sie sich von den Planeten, Trabanten und Kometen also nur durch ihre geringe Größe und ihre Anzahl, so daß täglich mehrere auf die Erde stürzen, während von jenen nur in vielen Millionen Jahren einer mit ihr zusammenstößt.

Siebzehnte Vorlesung.

Bewegung und Anziehung.

Mit den Kometen und Meteormassen haben wir die Reihe der Körper des Sonnensystems geschlossen; ihre Bewegungen sind, so weit es unsrem Zwecke angemessen war, entwickelt, und auch von ihren übrigen Eigenschaften ist manches Merkwürdige angeführt; aber von einer Hauptklasse der Erscheinungen, fast der wichtigsten der ganzen Astronomie, sind wir unsren Zuhörern noch Rechenschaft schuldig: es sind die Phänomene der Schwere. Zwar ist unser Raum beschränkt, und der Gebrauch der Mathematik, die sich hier auf einer ihrer glänzendsten Seiten zeigt, uns versagt; indeß gelingt es vielleicht der folgenden Darstellung, den aufmerksamen Zuhörer zu jener göttlichen Wissenschaft zu leiten, deren Kenntniß und Anwendung dem griechischen Weltweisen einen dauerndern Ruhm gesichert haben, als Einbildungskraft und Beredsamkeit.

Ehe wir uns indeß zur Schwere selbst wenden, müssen wir Einiges von den Gesetzen der Bewegung berühren; auf diese beziehen sich daher alle Veränderungen, von denen wir im Folgenden reden werden.

Ohne Veranlassung ändert kein Körper seinen Zustand. Dieses erstreckt sich nicht nur auf einen sich in Ruhe befindenden Körper, daß dieser seinen Ort nicht verlasse, sondern auch auf einen bewegten. Er behält seine Richtung und seine Geschwindigkeit bei, so lange ihn kein Hinderniß zur Ruhe oder zu einer veränderten Bewegung zwingt; die Kugel setzt ihren Lauf fort, nachdem der Stoß vorüber ist, und würde ohne die Reibung an dem Boden niemals in Ruhe kommen. Diese Eigenschaft der Körper wird die Trägheit oder das Beharrungsvermögen genannt, und zeigt sich darin, daß, selbst nachdem die Ursache, wodurch ein Körper nach irgend einer Richtung bewegt wurde, aufgehört hat, dieser stets in gerader Linie, mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortrückt, d. h. in gleichen Zeiten gleiche Räume zurücklegt. Ohne sie würde jene Kugel stehen bleiben, sobald die Hand sie verlassen hat. Auf der Erde sehn wir zwar diese Erscheinung wegen der Reibung an andre Körper, des Widerstandes der Luft, der Wirkung der Schwere nie in ihrer Reinheit; allein wo diese Umstände von geringerer Bedeutung sind, z. B. bei der Bewegung einer Kugel auf einem polirten Tische, dauert die ihr einmal mitgetheilte Geschwindigkeit lange fort. Dagegen zeigen sich uns ihre Wirkungen überall. Wenn z. B. ein Körper durch irgend ein Hinderniß, etwa einen ihn spannenden Faden, oder einen Reif, zu einer krummen Bewegung in AB (Fig. 17) gezwungen ist, und der Faden reißt, wenn er sich in B befindet, so entflieht er in der geraden Linie BC, welche seine krumme Bahn in B berührt.

Da eine, allen Theilen eines Körpers gemeinschaftliche Bewegung in seinem Wesen nichts ändert, und nur in der Veränderung der Lage zu den umgebenden Gegenständen besteht, so ist ein bewegter

Körper eben so empfänglich für neue Eindrücke, als ein ruhiger. Wenn z. B. einer 10 Fuß in der Sek. fortrückenden Kugel eine neue Bewegung von 4 Fuß nach derselben Richtung mitgetheilt wird, so wird ihre Geschwindigkeit 14 Fuß betragen; ist die Richtung entgegengesetzt, so beträgt sie nur 6 Fuß in der Sekunde. Diese Fälle, wo die neue Bewegung genau in derselben oder in der entgegengesetzten Richtung wirkt, sind aber sehr selten: gewöhnlich ist ihre Richtung verschieden, etwa in der geraden Linie A C (Fig. 18), wenn die frühere in A B war. Jetzt wird der Körper, während er vermöge der ersten Bewegung in A B fortrückte, und nach einer Sekunde in D anlangen würde, immer etwas nach der Richtung A E abgelenkt, und wenn E der Punkt ist, wo er, vermöge der zweiten Bewegung allein, nach einer Sek. anlangen würde, so wird er jetzt nach einer Sek. in F sein, wenn D F der Linie A F parallel und gleich ist. Zieht man E F, so ist AEDF ein Parallelogramm, d. h. eine vierseitige Figur, worin die gegenüberliegenden Linien parallel, und daher auch einander gleich sind, und die Linie A F, die Richtung, in welcher der Körper sich bewegt, und das Maß seiner Geschwindigkeit, eine Diagonale desselben ist. Jener Satz für einen durch zwei Ursachen in Bewegung gesetzten Körper ist daher unter dem Namen des Parallelogramms der Kräfte bekannt; unter Kräften wollen wir nämlich hier die auf die Bewegung eines Körpers einwirkenden Ursachen verstehen. Die Mittelrichtung A F ist um so größer, je weniger die beiden Linien A B und A C zu einander geneigt sind, und um so kleiner, je mehr sie es sind.

Wird ein Körper von mehr als zwei Kräften getrieben, so suche man erst die Richtung und Geschwin-

digkeit, die aus zwei Kräften folgen würde, diese vergleiche man dann mit der dritten Kraft u. s. f. bis man die Richtung und Geschwindigkeit des von allen diesen Kräften bewegten Körpers gefunden hat. Es ist eine leichte Aufgabe der Geometrie zu zeigen, daß es völlig gleichgültig ist, von welchem Paare von Kräften man zuerst die Mittelrichtung berechnet.

Wenn ein schon in Bewegung gesetzter Körper durch neue Stöße nach derselben Richtung hingetrieben wird, so wird seine Geschwindigkeit immer vermehrt. Denkt man sich nun statt dieser einzelnen Stöße eine den Körper beständig nach derselben Richtung hinziehende Kraft, so wird die Geschwindigkeit desselben unaufhörlich zunehmen. Gesetzt, am Ende der ersten Sekunde habe der Gegenstand durch die Wirkung jener Kraft eine Geschwindigkeit erlangt, vermöge welcher er, wenn er bloß dem Beharrungsvermögen gehorchte, in einer Sek. 10 Fuß zurücklegen würde, so wird diese in der zweiten Sekunde fortdauern: aber die mit gleicher Stärke fortwirkende Kraft legt dem Körper von neuem eine Geschwindigkeit von 10 Fuß in der Sek. bei, mithin beträgt sie am Ende der zweiten Sekunde 20 Fuß; aus ähnlichen Gründen am Ende der dritten 30 Fuß u. s. f. Aus einer auf diese Bedingungen gegründeten Berechnung folgt, daß ein Körper, der bloß durch diese Kraft bewegt wird, in der ersten Sek. 5 Fuß, in zweien 20 Fuß, in dreien 45 Fuß, in 10 Sek. 1000 Fuß zurücklegt, daß also die Länge der Bahn mit den Quadraten der Zeiten im Verhältniß steht. Solche stets fortwirkenden Kräfte nennt man beschleunigende Kräfte; sie sind gleichförmig, wenn die Geschwindigkeit, wie in dem angegebenen Beispiele, immer in gleich starkem Verhältnisse zunimmt. Auf ähnliche Weise redet man

von beschleunigten Bewegungen. Der in der ersten Sekunde zurückgelegte Raum wird Beschleunigung genannt, weil der Körper in jeder folgenden Sek. so viel mehr zurücklegt als in der vorhergehenden.

Ein Beispiel der gleichförmig beschleunigten Bewegung ist der Fall der Körper in der Nähe der Oberfläche unsrer Erde; wenigstens sind die Unterschiede nicht bedeutend. Ein frei fallender Körper bewegt sich immer desto rascher, je länger er schon gefallen ist, so daß er, wenn er z. B. in der ersten Sekunde 15 Fuß zurückgelegt hat, in zweien 60 und in dreien 135 fällt. Theilt man einem Körper, statt ihn frei fallen zu lassen, eine Geschwindigkeit von 60 Fuß in der Sek. nach der Richtung des Falls mit, so sind die in 1, 2 oder 3 Sekunden zurückgelegten Räume 75, 120 und 195 Fuß; hat man ihn aber mit jener Geschwindigkeit von der Erdoberfläche in die Höhe geworfen, so ist er nach einer Sekunde 45 Fuß davon entfernt, nach zweien 60 Fuß; jetzt nähert er sich der Erde wieder, so daß er nach der driten Sek. nur noch 45 Fuß davon entfernt ist, und am Ende der vierten Sek. wieder an dem Orte anlangt, von welchem er ausgeworfen ist. Diese Gleichförmigkeit findet aber nicht statt, wenn die Richtung der mitgetheilten Bewegung der des Falles nicht gleich oder entgegengesetzt ist; denn die ursprüngliche Richtung des Körpers wird durch den Fall beständig geändert, und seine Bahn wird zur krummen Linie, welche alle Eigenschaften der Parabel (S. 59) hat. In einer Parabel bewegen sich also die schräg geworfenen Körper, z. B. Kononenkugeln, Bomben und dergleichen. Hierbei ist jedoch der Widerstand der Luft, der in vielen Fällen bedeutende Abweichungen hervorbringt, unberücksichtigt gelassen.

Ein interessantes Beispiel ist ein von einem bewegten Körper, etwa einem Mastkorbe, herabfallender Stein; den Schiffsleuten scheint er ganz senkrecht herabzufallen, denn er fällt am Fuße des Mastes nieder; aber seine wahre Bahn ist eine Parabel. Das Schiff nämlich und alles was darauf ist, also auch der Stein, hatten eine horizontale Bewegung: diese blieb dem Steine, vermöge seine Trägheit ungeschmälert, und mit der Schwere vereint entstand daraus die parabolische Bahn. Die Schiffsleute theilen die horizontale Bewegung des Steins, sie können daher nur die senkrechte, durch die Schwere verursachte Bewegung erblicken (vergl. S. 52); wogegen man von dem unbewegten Ufer aus die gekrümmte Bahn sehr wohl bemerken kann.

Da wir die Kräfte nur durch ihre Wirkungen erkennen, so nennen wir eine beschleunigende Kraft zwei oder drei mal so groß als eine andre, welche eine zwei oder drei mal so große Beschleunigung hervorbringt. Es darf uns hierbei nicht befremden, daß wir unter Beschleunigung die Anzahl der in einer Sekunde zurückgelegten Fuße, also eine, an ein bestimmtes Zeit- und Längenmaß gebundene Größe verstehen. Die Verhältnisse der in gleichen Zeiten zurückgelegten Räume sind unabhängig von jedem Maße, und eine gleichförmig beschleunigende Kraft, die einen Körper in einer Sekunde einen drei mal größeren Raum zurückzulegen zwingt als eine andre, würde dasselbe auch in einem Jahre bewirken.

Täglich sehn wir, wie Körper, die von der Erdoberfläche entfernt worden sind, zurückfallen, und wie selten denken wir an das räthselhafte Band, das sie zur Erde herabzieht; aber ein Apfel, der, von einem Baume fallend, Newton aus dem Schlafe erweckte,

gab ihm den Schlüssel zu seinen großen Entdeckungen, und er erkannte, daß dieselben Ursachen, welche den Apfel von den Baume fallen lassen, wenn der Stengel, der ihn hielt, nicht mehr Kraft genug besitzt, auch die Himmelskörper bewege. Seine und seiner Nachfolger, aus den Keplerschen Gesetzen, und denen des Falls gezogene Folgerungen, die wir schon an mehrern Stellen unsrer Vorlesungen berührt haben, sind hauptsächlich folgende:

Alle Körper suchen sich einander zu nähern, oder sie *ziehen einander an*; die Stärke dieser Anziehung nennen wir *Masse*. Ein Körper, der einen dritten, unter übrigens gleichen Umständen, zwei mal so stark anzieht, d. h. eine zweimal so große Beschleunigung hervorbringt, als ein andrer, hat daher zwei mal so viel Masse als er. Diese Masse ist bei fast allen Erscheinungen der Körper von der größten Wichtigkeit, welches hier nicht weiter entwickelt werden kann; eine ihrer vorzüglichsten Eigenschaften ist ihr Verhältniß zu dem *Gewichte* der Körper. Ein Körper z. B. der 20 Pfund wiegt, hat doppelt so viel Masse und zieht unter übrigens gleichen Verhältnissen einen andren doppelt so stark an, als ein 10 Pfund wiegender. Wir finden in der Natur auch noch andre Beispiele von Anziehungen, die nicht in so innigem Zusammenhange mit der Masse stehn, z. B. die von der Stärke der Elektricität, des Magnetismus, ja auch der Wärme (durch Zusammenziehung oder Ausdehnung) abhängigen. Die Verbindungen dieser Naturthätigkeiten mit der Bewegung lassen wir jedoch hier unberücksichtigt, und betrachten bloß die Anziehung, welche sich auf die Masse, oder das Gewicht der Körper bezieht. Diese wurde früher von allen Physikern, und wird jetzt noch von fast allen nichtdeutschen und vielen

deutschen Naturforschern für so wichtig gehalten, daß sie die Masse für die wesentliche Eigenschaft der Körper halten; obgleich diese doch nur ein Inbegriff aller, an irgend einem Orte waltenden Kräfte oder Erscheinungen sind, ohne daß man eine derselben für wesentlicher als die andren halten und kleine, untheilbare Körperchen (Atome, Molekule) annehmen dürfte, welche die Masse der Körper ausmachen, und als die Träger der übrigen Eigenschaften angesehn werden.

In vielen Erscheinungen der Masse ist der Schwerpunkt von großer Wichtigkeit. Dieser besitzt die Eigenschaft, daß, wenn er verhindert wird sich in irgend einer Richtung zu bewegen, auch das Ganze nach dieser Richtung unbeweglich ist, vorausgesetzt daß der Zusammenhang der Theile des Körpers groß genug ist, um ein Zerreißen zu verhüten. Körper an der Oberfläche der Erde sind im Gleichgewichte, d. h. sie fallen nicht, wenn jener Punkt gehalten wird, daher sein Name. Er hängt bloß von der Gestalt- und Masse eines Gegenstandes ab, und bleibt daher unverändert, von welcher Kraft, und in welcher Richtung dieser auch bewegt werde. Er ist bei Kugeln, Sphäroiden u. a. ähnlichen Körpern im Mittelpunkte.

Man kann sich sogar bei vielen von einander getrennten Körpern einen Schwerpunkt denken: er ist hier nämlich der Punkt, auf welchem die Körper im Gleichgewicht wären, wenn sie durch unbiegsame Linien zusammengehalten würden. So ist z. B., wie wir sehen werden, die Masse der Sonne fast 340000 mal so groß als die der Erde, der gemeinschaftliche Schwerpunkt beider Körper 340000 mal näher zur Sonne als zur Erde, also nur einige Meilen von dem Mittelpunkte der Sonne entfernt.

Wenn zwei Körper von gleicher Masse einander

anziehen, und kein Hinderniß ihre Bewegung hemmt, so wird sich ein jeder dem andren eine gleich große Strecke nähern; sind sie aber ungleich, so wird der kleinere sich weit mehr von seinem ursprünglichen Orte entfernen, als der größere. Die Erde würde daher, wenn ihre Bewegung ungehemmt wäre, der Sonne weit mehr entgegen kommen, als diese jener; ja selbst wenn alle Planeten auf derselben Seite der Sonne stünden, d. h. in Konjunktion mit ihr wären (S. 97), so hätten sie sich fast alle schon mit der Sonne vereinigt, ehe ihnen der Mittelpunkt derselben auch nur um einen Durchmesser entgegengekommen wäre. Ein ähnliches Verhältniß, obgleich minder ausgezeichnet, findet zwischen den Planeten und Trabanten statt. Wir konnten daher in den vorhergehenden Vorlesungen die Centralkörper, d. h. die Sonne in Rücksicht der Planeten und diese in Rücksicht der Trabanten, als in Ruhe annehmen, und fast nur die Bewegung der letzteren betrachten. Aus ähnlichen Gründen berücksichtigt man bei dem Fall und Druck der irdischen Körper, worin eben die Anziehungskraft der übrigen Körper der Erde auf einen ihrer Theile besteht, nur die Anziehung der Erde, nicht aber die Gegenziehung des Körpers.

Bei einem kugelförmig gestalteten Körper vereinigt sich die Anziehuug aller ihrer Theile auf die Art, daß die mittlere Richtung derselben (S. 344) durch den Mittelpunkt der Kugel geht; daher fallen auch alle Körper der Erdoberfläche nach ihrem Mittelpunkte, da die Abweichung wegen der elliptischen Gestalt der Erde unbedeutend ist. Uebrigens ist die Anziehung des ganzen Erdkörpers oder die Schwere fast das einzige Beispiel der Massenanziehung, das wir innerhalb unsres Planeten wahrnehmen, aber auch ihr Einfluß wird in vielen Fällen verhindert oder

geschwächt. Der Schwere gemäß müßte jeder Körper, der auf einer, auch nur sehr wenig schrägen Fläche, etwa einem Tische, steht, hinabgleiten; dieses wird aber durch die Reibung des Körpers an dem Tische verhindert. Ein schwerer Körper wird oft durch einen dünnen Faden schwebend erhalten; hier ist es der Zusammenhang der Theile des Fadens an einander, der den Fall verhindert; ist der Körper zu schwer, so reißt der Faden, und jener gehorcht dem Gesetze der Schwere. Noch viel weniger bemerken wir die wechselseitige Anziehung der irdischen Körper, da sie wegen der Schwere, der Luftströmung und vieler andren Ursachen nur in sehr seltnen Fällen sichtbar ist.

Die zweite Eigenschaft der Massenanziehung ist, daß sie in demselben Verhältnisse zunimmt, in welchem die Quadrate der Entfernungen abnehmen. Die von derselben Masse in einer dreifachen Entfernung hervorgebrachte Beschleunigung ist nur $^1/_9$ der früheren. Ein in einer dreifachen Entfernung befindlicher Körper muß daher neun mal so groß sein als früher, wenn er dieselbe Beschleunigung hervorbringen soll. Aus dieser Ursache entspringen die Erscheinungen der Ebbe und Fluth (S. 207). Wenn z. B. der Mittelpunkt der Erde mit der Kraft A angezogen wird, so werden die dem Monde zugekehrten Theile der Erdoberfläche, die ihm um einen ganzen Erdhalbmesser, d. h. etwa $^1/_{60}$ der Entfernung näher sind, mit der Kraft $^{60}/_{59}.\,^{60}/_{59}$ A $=$ $^{61}/_{59}$ A angezogen, die entferntesten Theile der Erdoberfläche aber aus ähnlichen Gründen mit der Kraft $^{60}/_{61}.\,^{60}/_{61}$ A $=$ $^{59}/_{61}$ A, jene also mehr, diese weniger als der Mittelpunkt; beide entfernen sich also von ihm, und in fast völlig gleichem Grade. Ein ähnliches Verhältniß findet bei der Anziehung der Sonne auf die Erde und den Mond statt (S. 192).

Durch diese Eigenschaft wird die Berechnung der Anziehung ungemein erschwert, nicht nur indem wir außer der Masse auch noch die Entfernung berücksichtigen müssen, sondern weil wir auch nicht vergessen dürfen, daß die Masse eines Körpers statt auf einem Punkte concentrirt zu seyn, in einem größeren Raume verbreitet ist, die Theile des anziehenden Körpers sich also nicht in derselben Entfernung von dem andren befinden. Wir müssen daher die Masse und Entfernung eines jeden Theilchens bestimmen, und dann die Richtung und Geschwindigkeit, nach welchen ein von allen diesen Kräften angezogener Körper bewegt wird. Alle Theile einer Kugel z. B. ziehen so an, als wenn die gesammte Masse im Mittelpunkte vereinigt wäre. Ein von der Erdoberfläche entfernter Körper wird daher zwar von allen Theilen der Erde angezogen, jedoch so, daß die Mittelrichtung (S. 344) beinahe ihrem Mittelpunkte zugekehrt ist. Völlig genau geschieht es wegen der elliptischen Gestalt der Erde nicht; aber mit Hilfe der höheren Mathematik ist die Abweichung leicht zu berechnen. Kleine Unebenheiten der Erdoberfläche sind ohne Bedeutung; daß aber größere Massen, z. B. hohe Berge, allerdings die Richtung der Schwere von dem Mittelpunkte der Erde abzulenken vermögen, werden wir bald erfahren. Für die Anziehung entfernter Himmelskörper sind jedoch diese Unterschiede so unbedeutend, daß man hier allgemein die Berechnung so stellt, als wenn die ganze Masse im Mittelpunkte vereinigt wäre.

Von diesem Gesetze der Abnahme der Anziehung nach den Quadraten der Entfernung ist die Ursache bis jetzt den Naturforschern unbekannt. Zwar haben viele Naturphilosophen sie zu ergründen versucht, allein da ihre Schlußweise, obgleich der mathematischen ganz unähnlich, dennoch nichts weniger als allgemein ver-

ständlich ist, so werden mich meine Zuhörer entschuldigen, wenn ich sie hier nicht berühre. Wir wollen nur noch erinnern, daß dieses Gesetz in der Natur sehr weit verbreitet zu sein scheint: die Anziehungen der Elektricität und des Magnetismus, obgleich von den Massen unabhängig, nehmen mit der Abnahme der Quadrate der Entfernung zu, und selbst die Vertheilung des Lichts und der Wärme gehorcht demselben Gesetze (S. 257).

Wir wollen mit einem Beispiele die Wirkung der Anziehung erläutern. Ein Körper in der Nähe der Erdoberfläche wird sich ihr mit einer gewissen Geschwindigkeit zu nähern suchen, und in der geringen Entfernung, in die wir uns von ihr begeben können, nehmen wir keinen Unterschied in der Fallbeschleunigung wahr. Wenn wir aber durch die Rechnung der Wirkung der Schwere folgen, so wird ein weiter von dem Mittelpunkte der Erde entfernter Körper zwar von derselben Masse, aber in einer größeren Entfernung angezogen werden, und die Beschleunigung verhält sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung vom Erdmittelpunkt. Aber wie bewegt sich ein Körper in einer Röhre, die durch den Mittelpunkt der Erde von Oberfläche zur Oberfläche ginge, da die über ihm befindlichen Erdmassen ihn vom Mittelpunkte der Erde zu entfernen suchen, die übrigen ihn aber, wegen ihrer geringern Entfernung, stärker anziehen?

Ein innerhalb einer hohlen Kugel befindlicher Gegenstand wird, wie die Rechnung zeigt, von allen Seiten gleich stark angezogen; er bewegt sich deshalb gar nicht und gehorcht den übrigen auf ihn einwirkenden Kräften, als wenn jene Masse nicht da wäre. Ein im Innern der Erde sich bewegender Körper wird daher von allen Kugelschichten, die vom

Mittelpunkte der Erde weiter entfernt sind als er, gar nicht angezogen; auf ihn wirken also nur die Theile der Kugel, die vom Mittelpunkte der Erde nicht weiter entfernt sind als er, oder eine Kugel, deren Halbmesser dieser Entfernung gleich ist. Die Masse zweier Kugeln, die aus einem gleichförmigen Stoffe bestehn, verhalten sich wie die Würfel ihrer Halbmesser. Hätte sich nun z. B. der Körper um $^1/_3$ des Halbmessers der Erde von ihrer Oberfläche entfernt, so ist der Halbmesser der auf ihn wirkenden Kugel nur $^2/_3$ von dem der Erde, und wenn wir diese als völlig gleichförmig annehmen wollen, die auf ihn wirkende Masse nur $^2/_3 . ^2/_3 . ^2/_3 = ^8/_{27}$ der Erdmasse. Aber er ist dem Erdmittelpunkte auch näher und wird $^3/_2 . ^3/_2 = ^9/_4$ mal stärker angezogen, mithin wird er immer noch $^2/_3$ so stark als früher angezogen: die Anziehungskraft oder Schwere nimmt also für einen im Innern der Erde befindlichen Körper mit dessen Entfernung vom Mittelpunkte ab.

Wenn man daher einen Körper an der Mündung jener Röhre fallen läßt, so wird er späterhin nicht mehr so stark beschleunigt als anfangs. Allein da sein Beharrungsvermögen ungeschwächt bleibt, so nimmt seine Geschwindigkeit immer noch zu, je mehr er sich dem Mittelpunkte nähert, und obgleich er, hier angelangt, gar nicht mehr angezogen wird, setzt er seine Bewegung noch fort und nähert sich dem entgegengesetzten Theile der Erdoberfläche. Die ihm durch die Anziehung ertheilte Geschwindigkeit wird ihm nun wieder in demselben Verhältnisse entzogen, und wenn er die Oberfläche erreicht hat, ganz erschöpft sein. Er fällt dann wieder zurück, und das Spiel des Hin- und Herfallens dauert ewig fort, wenn es von keinem fremden Hindernisse gestört wird.

Ein solches wird aber schon durch die Achsendrehung der Erde erzeugt. Alle Theile der Erde schwingen sich zwar in derselben Zeit um ihre Achse, allein die Kreise, die sie in 24 Stunden beschreiben, sind von sehr verschiedener Größe. Je weiter ein Körper von der Achse entfernt ist, desto rascher ist seine Bewegung nach Osten; die Spitze des Thurms beschreibt in gleicher Zeit einen größern Kreis, und bewegt sich rascher als sein Fuß. Läßt man nun einen Körper von einem Thurme oder der Mündung eines Schachts in die Tiefe fallen, so theilt er oben die Geschwindigkeit der ihn umgebenden Körper, eilt also den sich langsamer bewegenden in der Tiefe voraus, und scheint sich daher nach Osten zu bewegen (vergl. S. 216). Auch befanden sich bei Benzenbergs Versuchen alle von großen Höhen gefallene Körper etwas östlich von dem in der Vertikale liegenden Punkte. Der durch jene Röhre fallende Stein würde sich daher in keiner graden Linie dem Mittelpunkte nähern, sondern in krummen, veränderlichen Bahnen um ihn laufen.

Nimmt die Erde mit der Nähe zum Mittelpunkte an Dichte zu, so folgt die Stärke der Anziehung, oder der Schwere in ihrem Innern einem andren Gesetze, als wir oben angegeben haben; welches wir aber wol nie kennen lernen möchten *).

---

*) Ich kann nicht begreifen, wie in so vielen Lehrbüchern der Astronomie und Geographie der Satz aufgestellt werden kann, daß die Schwere zunehme, je geringer die Entfernung vom Erdmittelpunkte wird, und daß deshalb das Innere der Erde die dichtesten Stoffe enthalten müsse. Selbst dem Laien ist es klar, daß die Schwere eines Körpers im Mittelpunkt der Erde, wie sehr auch die Dichte nach Innen zunehme, dennoch = 0 sein müsse, da er von allen Seiten gleich stark

Wenn die Planeten bloß von der Anziehungskraft der Sonne bewegt würden, so müßten sie sich ihr mit beschleunigter Geschwindigkeit immer mehr nähern und nach kurzer Zeit in sie stürzen, indem die Anziehung der Sonne nicht nur ununterbrochen wirkt, sondern sogar wegen der Annäherung des Planeten in starkem Verhältnisse zunimmt. Wenn sie wiederum bloß ihrem Beharrungsvermögen folgten, indem etwa die Anziehung der Sonne plötzlich aufhörte, so würden sie sich in der Richtung, der sie zuletzt folgten, d. h. in der geraden Linie, welche die Planetenbahn zu der Zeit, als die Anziehung der Sonne aufhörte, berührt, mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortbewegen, und sich immer mehr von der Sonne entfernen. Durch den Kampf der Anziehung mit der Trägheit aber wird der Planet von der geraden Linie abgelenkt und zu einer krummen Bahn gezwungen. Newton zeigte, daß diese eine von den drei Kegelschnitten, eine Hyperbel, Parabel oder Ellipse sein müsse — der Kreis und die gerade Linie, wozu unter gewissen sehr selten zu erfüllenden Bedingungen die Bahn werden kann, sind Unterabtheilungen jener drei. — Welche von den drei Linien in einem gegebenen Falle statt finden muß, hängt von der Geschwindigkeit des Planeten und der Stärke der Anziehung ab.

Die sich in einer Parabel oder Hyperbel bewegenden Körper können nur einmal in die Sonnennähe kommen und uns sichtbar werden, entziehn sich aber dann auf ewig unsrer Beobachtung. Wenn es daher auch solche Körper gibt, so könnten doch nur die sich in Ellipsen bewegenden beobachtet werden,

---

angezogen wird. Auch ist unser, so leicht zu beweisender Satz schon von Newton, Principia, L. 1 Prop. 73, angeführt.

und zu diesen gehören auch alle genauer bekannten Körper des Sonnensystems.

Sobald man die Bahn eines Körpers kennt, ist es eine leichte Aufgabe der Mathematik, aus den Keplerschen Gesetzen die Linie zu berechnen, um welche sich derselbe, vermöge seiner Trägheit, vom Mittelpunkte der Anziehung — bei den Planeten die Sonne — entfernen würde, und diejenige, um welche er sich ihm nähern würde, wenn er sich durch seine Trägheit nicht immer wieder entfernte. Jenes Bestreben, sich zu entfernen, nennt man die Flieh- oder Schwungkraft (Centrifugalkraft), die Anziehung, in so fern man sie sich in einem Punkte koncentrirt denkt, die Centripetalkraft. Ueberwiegt diese, so nähert sich der Planet oder Komet der Sonne und der Trabant dem Planeten, z. B. in dem Aphel; überwiegt die Fliehkraft, so entfernen sie sich, wie in dem Perihel. Wären die Bahnen Kreise, so würden beide Bestrebungen einander beständig gleich und entgegengesetzt sein.

Berechnet man die Centripetalkraft für alle Planeten, so findet man, daß sie alle genau dem obigen Gesetze folgen. Da nämlich die anziehende Kraft der Sonne für alle Planeten dieselbe ist, so verhält sich die Anziehung in jedem Punkte der Planetenbahn umgekehrt wie die Quadrate der Entfernung der Planeten, ist also in der Sonnennähe stärker als in der Sonnenferne, und bei den entfernteren Planeten schwächer als bei den nähern. Auch die Trabanten der drei oberen Planeten folgen demselben Gesetze. Bei der Erde, wo nur ein Trabant ist, läßt sich zwar die Uebereinstimmung nicht auf diese Art nachweisen; aber hier finden wir die Schwere an der Erdoberfläche mit der Centripetalkraft der Erde auf den Mond übereinstimmend. An der Oberfläche der Erde, d. h.

einen Erdhalbmesser vom Mittelpunkte entfernt, ist die Beschleunigung der Schwere etwa 15 Fuß. Auf dem ungefähr 60 mal entferntern Monde muß sie demnach $^{15}/_{60 \cdot 60} = {}^{1}/_{240}$ Fuß betragen, und wirklich beträgt diese nach einer genauen Berechnung der Mondsbahn etwa 0,6 Linien.

Wenn wir nun auch noch über den Ursprung der Bewegungen der Himmelskörper im Dunklen bleiben, so können wir uns doch jetzt einige Erscheinungen derselben sehr wohl erklären. Alle Himmelskörper ziehen einander an; aber wenn ihre Entfernung von einander zu groß, oder ihre Masse zu klein ist, so ist die Wirkung unbedeutend. So verhält sich's mit dem Einflusse entfernter Fixsterne auf die einzelnen Planeten, so mit der wechselseitigen Anziehung der Planeten, die nur den schärfsten Beobachtungen merklich ist. Allein wenn die Masse der Körper und ihre Nähe zu einander groß genug ist, so kann der kleinere zu einer elliptischen Bahn um den großen gezwungen werden. Es komme z. B. ein kleiner Komet, der bisher eine Ellipse um die Sonne beschrieb, in die Nähe Jupiters, so zieht dieses große Gestirn ihn an. Gewöhnlich überwiegt die Geschwindigkeit des Kometen und die Anziehungskraft der Sonne die Ablenkung durch den Planeten; ist dieser aber nahe genug, so wird er auf den Kometen wie auf die Trabanten wirken und jener zu einer elliptischen Bahn um ihn zwingen (vergl. S. 334); denn auch der Trabant würde, trotz dem, daß er viele tausend mal um Jupiter kreiste, ihn verlassen, und seinem Beharrungsvermögen und der Sonne folgen, wenn er nicht durch die immer jugendliche Kraft Jupiters zurückgehalten würde. Ist die ellipsche Bahn einmal begonnen, so dauert der Kampf der Centrifugal- und Centripetalkraft in die Ewigkeit fort; bald herrscht die eine, bald die andre etwas

vor: aber jene vermag weder den Trabanten ganz vom Centralkörper zu trennen, noch diese ihn ganz zu ihm hinzuziehen, sondern dieselbe Ellipse wird bei jedem Umlaufe wiederholt, so lange keine diesen Bewegungen fremde Ursache störend einwirkt, etwa ein Aether, der die fortschreitende Bewegung des Körpers beständig vermindert, so daß die dadurch ungeschwächte Anziehungskraft immer vorherrschender wird; oder eine große Veränderung des Centralkörpers eintritt, wodurch seine anziehende Kraft verändert wird; oder ein andrer Himmelskörper in die Nähe des Trabanten tritt, wodurch dieser sogar von seinem bisherigen Centralkörper getrennt werden kann. Obgleich diese Ursachen, so lange der Himmel von Astronomen beobachtet worden ist, keine Hauptveränderung hervorgebracht haben, so sind sie doch stark genug, mehrere Störungen hervorzubringen (Vgl. S. 156. 193.), und größere stehen uns vielleicht noch bevor.

Wir haben bisher immer angenommen, daß bei der wechselseitigen Anziehung zweier Körper der eine den andren so sehr an Masse übertreffe, daß die Gegenwirkung des letztern nicht beachtet zu werden brauche. Dies ist aber in voller Strenge unmöglich, und wir haben in der Vorrückung der Nachtgleichen eine Einwirkung des Mondes auf die Erde kennen gelernt, die stark genug ist, sehr bedeutende Veränderungen im Kalender hervorzubringen. Auch fehlt es uns im Sonnensysteme nicht an Beispielen, wo zwei Körper von nicht sehr verschiedener Größe auf einander wirken, so z. B. Venus, Mars und Erde (S. 152), bedeutender noch Jupiter und Saturn. Noch auffallendere Beispiele werden wir in der Folge bei den Doppelsternen kennen lernen. Wenn nämlich zwei Körper einander so nahe kommen, daß ihre wechselseitige Anziehung den Einfluß ihres Beharrungsvermögens überwiegt,

so wird nicht der eine ruhen und der andre um ihn kreisen, denn unserer Annahme gemäß ist ihre Masse und daher auch ihre gegenseitige Beschleunigung fast einander gleich, auch stürzen sie wegen ihrer Bewegung nicht in einander, sondern sie drehen sich beide um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt (S. 348). Dieses ist eigentlich auch bei den Planeten und Trabantensystemen der Fall, nur fällt der Schwerpunkt immer dem Mittelpunkte des Centralpunktes so nahe, daß dessen Bewegung nicht merklich ist. Bei diesem wechselseitigen Umeinanderkreisen kann übrigens eine gemeinschaftliche Bewegung eben so wohl statt finden, wie bei der Bewegung der Erde und der drei oberen Planeten um die Sonne, wodurch die Umläufe der Trabanten nicht beeinträchtigt werden.

Auf diese Weise ist's auch erklärlich, wie bei der so mächtigen Anziehungskraft die Welt noch bestehn kann, und die Himmelskörper nicht schon längst in einander gestürzt sind. Hier erklärt das Beharrungsvermögen das Räthsel. Schwieriger noch ist für die Atomisten, daß die kleinen Molekule, welche die Bestandtheile aller Körper bilden, sich nicht einander nähern und der Körper immer dichter wird. Hier ist's, nach ihnen, die Wärme, welche den Zwischenraum zwischen den Molekulen einnimmt. Wir, die keine Molekulen kennen, bedürfen auch jenes Hilfsmittels nicht; wahr ist's aber, daß die Ausdehnung der Körper durch die Verdampfung vermittelt wird.

Das Spiel der Anziehungs- und Schwungkräfte ist aber nicht bloß auf die Umläufe der Himmelskörper beschränkt, auch bei deren Achsendrehung und Gestalt von der größten Wichtigkeit. Gesetzt die Erde bestehe aus einer gleichförmigen Flüssigkeit, eine Annahme, die wir uns der Gleichförmigkeit willen schon öfter erlaubt haben, so wird den Gesetzen des Gleich-

gewichts gemäß sich das Ganze wie ein Wasser- oder Queckſilbertropfen zu einer Kugel ballen, indem ſonſt auf einigen Theilen der Erde ein größerer Druck ſein würde, als auf andren, und das Gleichgewicht nicht ſtatt finden könnte. Nun werde dem ganzen Körper eine Geſchwindigkeit ertheilt, wodurch er ſich in 24 Stunden um ſeine Achſe wälzt. Die Theile der Oberfläche, und dieſe können wir jetzt allein betrachten, da das Innere durch den Druck der oberen Schichten an ſeiner Bewegung gehindert wird, legen dadurch etwa 225 Meilen in der Stunde zurück. Sich ſelbſt überlaſſen, würden aber alle Körper der Oberfläche ſich in gerader Linie entfernen, und ſo die Erde allmälig zerſtieben, wenn ihnen nicht die Schwere entgegenwirkte, welche die Theile wieder dem Mittelpunkte der Erde nähert. Bei allen Körpern, die eine Achſendrehung haben, wird die Centrifugalkraft von der Centripetalkraft überwogen. Bei der Erde z. B. ſtreben die Theile, ſich durch ihre Fliehkraft mit einer Geſchwindigkeit von etwa ſieben Linien in der Sekunde oder $^1/_{289}$ der Beſchleunigung der Schwere zu entfernen. Dieſe überwiegt daher bei weitem, und jeder Körper fällt dem Mittelpunkte der Erde zu. Ganz ohne Wirkung iſt dieſe Fliehkraft jedoch nicht; denn die Körper am Aequator drücken nicht mehr mit der ganzen Stärke, die ſie durch die bloße Schwere haben würden, ſondern nur $^{288}/_{289}$ davon: der Unterſchied wird in den höheren Breiten, wo die Geſchwindigkeit der Achſendrehung, und daher die Fliehkraft unbedeutender wird, kleiner, und an den Polen ſelbſt, wo weder Achſendrehung noch Fliehkraft iſt, wirkt die Schwere mit ihrer ganzen Stärke. An den Polen wäre alſo, wenn die Erde eine vollkommne Kugel wäre, ein ſtärkerer Druck als am Aequator: eine flüſſige Maſſe iſt aber nur dann im Gleichgewicht, wenn

überall gleicher Druck ist, nach denselben Gesetzen, wie in zusammenhängenden mit Flüssigkeit gefüllten Röhren, hebt sich die Erde am Aequator und senkt sich an den Polen; sie hört auf kugelförmig zu sein, und nimmt die Gestalt eines an den Polen abgeplatteten Sphäroids an (S. 106.). Aehnliches findet bei den übrigen Himmelskörpern statt. Wir haben zwar hierbei angenommen, daß die Erde flüssig sei; wenn sie es indeß jetzt auch nicht mehr ist, so war sie es doch, wie die ganze Beschaffenheit ihrer Oberfläche zeigt, früherhin. Sie konnte daher, ehe sie erstarrte, die ihrem Gleichgewichte angemessene Gestalt annehmen. Wäre dieses nicht der Fall, so würden die Polarmeere sich bald meilenhoch über die Aequatorregion ergießen. Die kleinen Unebenheiten der Erdoberfläche, welche örtlichen Ursachen ihren Ursprung verdanken, verdienen hier keine Berücksichtigung.

Wir können unsren Zuhörern die Rechnung nicht vorlegen, wodurch aus diesen Grundsätzen die Abplattung gefunden wird, besonders da diese auch noch von andren Umständen abhängt: denn wenn auch die Erdoberfläche flüssig war, so daß sie sich den Gesetzen des Gleichgewichts gemäß bilden konnte, so war sie doch nicht gleichförmig, und wenn sogar bei der Erde Theorie und Erfahrung nicht stimmen, so können wir es noch weniger bei den übrigen Himmelskörpern erwarten; auch ist die Abplattung oft so unbedeutend, daß wir von den Beobachtungen nie Belehrung hierüber erwarten dürfen. Sie ist nämlich um so größer, je rascher der Umschwung und je geringer die Masse ist. Am stärksten mußte sie unter den Planeten bei Saturn sein, welches auch statt zu finden scheint, wenn gleich in nicht so hohem Grade, als es nach der Theorie der Fall sein sollte. Bei der Sonne und beim Monde ist sie völlig unmerklich.

Die merkwürdigsten Erscheinungen möchte sie wol bei Kometen hervorbringen, wenn bei ihnen überhaupt Achsendrehung statt findet. Bei ihnen ist nämlich die Masse so gering und die Ausdehnung so groß, daß eine sehr starke Abplattung statt finden muß; doch kann das Verhältniß der Größe der Achse zu den Durchmessern am Aequator nie kleiner werden, als 1:2; bei einer noch stärkern Umdrehung würden die Körper zerstieben.

Indeß ist es möglich, daß nicht alle Theile des Körpers eine gemeinschaftliche Achsendrehung haben, sondern daß die entfernteren Schichten der beweglichen Atmosphäre, welche jener Zerstreuung vorzüglich unterworfen sind, sich viel langsamer um den Körper bewegen, etwa wie ein sich in dieser Entfernung befindender Trabant. Dieses scheint z. B. bei den Theilen der Sonnenatmosphäre statt zu finden, welche wir wahrscheinlich in dem Thierkreislicht erblicken (S. 250.).

Eine Wirkung der Schwungkraft sehn wir vermuthlich in dem Ringe des Saturn. Wenn ein Körper sich durch irgend eine Revolution sehr ausdehnt, ohne daß seine Achsendrehungszeit geändert wird, so wird dadurch zwar die Fliehkraft bedeutend vermehrt, aber die Summe der Anziehungen, welche die übrige Masse auf einen ihrer Theile ausübt, wegen der größeren Entfernung, in die sie durch ihre Ausdehnung von einander gelangen, vermindert. Jene kann daher unter günstigen Umständen so sehr vermehrt werden, daß sie die Anziehungskraft überwiegt und sich die Masse im Raume zerstreut. Indeß wenn das Innere des Körpers noch Masse genug enthält, so wird jene Zerstörung sich nur so weit fortsetzen, bis die Fliehkraft der Anziehungskraft gleich wird; dann entfernt sich zwar kein Theil mehr, aber es findet

auch keine Schwere statt, und ein durch irgend einen Umstand von der Oberfläche entfernter Gegenstand bleibt ruhig in seiner Lage, ohne zurückzufallen. Wenn nun der ausgedehnte Körper sich durch Erkältung, die durch irgend eine chemische Operation entstehen kann, wieder zusammenzieht, so wird zwar das Innere auf einen kleinern Raum beschränkt werden, auch wird die von der Schwungkraft nicht sehr bewegte Masse vermöge der Schwere zurückfallen, aber die dem Aequator nahen Theile können, da sie keine Schwere haben, auch nicht fallen und bleiben als dünner Ring zurück, wogegen sich die Polargegenden mit dem Hauptkörper vereinigen. Wir können hier nicht die Umstände aufzählen, welche eine solche Erscheinung veranlassen und ihr folgen, noch die Einflüsse angeben, die der Planet auf die Bildung des Ringes, und umgekehrt, ausgeübt hat — dieß vermag man nur durch die Hilfe einer sehr mühsamen Berechnung —; aber es ist klar, daß auf die angegebene Weise einer und mehr Ringe gebildet werden können. Beim Saturn (S. 233.), und vielleicht beim Uranus, finden wir diese Erscheinungen verwirklicht; da der Ring in der Ebene des Aequators ist, so hat dieser seine Lage seit der Bildung des Ringes nicht geändert. Fände man beim Uranus das Gegentheil, so würden wir berechtigt sein auf große Revolutionen in seinem Innern zu schließen. Wenn sich Herschels Annahme über die Rotationszeit des Saturnsringes bestätigt, da, neueren Untersuchungen zufolge, Schröters Behauptung auf einer optischen Täuschung beruht, so erhält unsre so eben nach Laplace entwickelte Entstehungsart des Ringes einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit, und wenn sogar die Umlaufszeiten des Ringes und des Planeten einander gleich sind, so könnte man sie fast für erwiesen halten.

Diese Ringbildung ist jedoch nicht die nothwen-

dige Folge einer solchen Zusammenziehung. War die vom Hauptkörper getrennte Masse des Ringes nicht gleichförmig — wie es auch in der That beim Saturn statt findet — sondern war auf einem oder mehreren Theilen derselben die Masse sehr gehäuft, so ballte sich wol auch ein großer Theil des Uebrigen zu einer Kugel und statt eines Ringes bildeten sich einer oder mehrere Nebenkörper. War es eine Sonne, die diese Revolutionen erlitt, so bildeten sich Planeten, waren es diese, so bildeten sich Trabanten. Auf diese Weise suchte wenigstens Laplace den Ursprung dieser Körper zu erklären, und wenn auch vielleicht die Gesetze der Schwere, wodurch ein größerer Körper einen kleinern an sich fesselt, die Bewegung kleinerer Körper um größere auf eine weit einfachere Weise erklären, so spricht das merkwürdige Phänomen, daß die Trabanten- und Planetenbahnen sich nie weit von dem Aequator des Hauptkörpers entfernen, für jene Hypothese.

Die Achsendrehung sowohl als die elliptische oder Kreisbewegung wird durch die Vereinigung des Beharrungsvermögens mit der Anziehungskraft hervorgebracht, und man würde sich täuschen, wenn man sie etwa für eine den Körpern eingepflanzte Kraft halten wollte. Sie unterscheidet sich indessen von den fortschreitenden Bewegungen dadurch, daß sie, bloß von der Anziehung, d. h. der Masse des Körpers abhängig, den mannigfaltigen Störungen und Ablenkungen weit weniger unterworfen ist als jene.

Ist die Achsendrehung einmal da, so dauert sie gleichförmig fort, so lange der Körper keine große Revolutionen erleidet, aber ihr Entstehn ist fast noch schwieriger zu erklären, als das der Umläufe. Rühren diese von einem Stoße her, den der Körper empfangen hat, so tritt mit der fortschreitenden Bewe-

gung zugleich eine Achsendrehung ein, ausgenommen in dem einzigen und also höchst seltenen Falle, wo der Stoß genau durch den Mittelpunkt ging. Umgekehrt schloß man aus dem Dasein einer Achsendrehung auch auf fortschreitende Bewegung, z. B. bei der Sonne. Indeß ist jene Annahme, daß die Bewegungen von einem Stoße herrühren, durchaus nicht nothwendig. Man hat sogar in den neuesten Zeiten in dem Elektromagnetismus Kreisbewegungen entdeckt, deren Ursachen vielleicht mit denen der Himmelsbewegungen verwandt sind. Wir müssen daher, bis dieser wichtige Gegenstand entschieden ist, uns auf die Thatsachen beschränken, um nicht in Gefahr zu gerathen, aus unrichtigen Annahmen falsche Folgerungen zu ziehen.

Wenn ein kleiner Körper in die Nähe eines größeren gelangt, so bleibt dieser in Ruhe und nur jener bewegt sich. Die Masse desselben ist dabei fast ganz ohne Einfluß und seine Geschwindigkeit hängt nur von der Entfernung beider Körper ab. Aber die Stärke der Anziehung oder die Beschleunigung derselben steht im Verhältniß mit der Masse des anziehenden Körpers, und wenn dieser einen kleineren drei mal stärker beschleunigt, als ein andrer, so ist auch seine Masse drei mal so groß; dieses gewährt uns ein Mittel, das Massenverhältniß der Körper zu finden. Vergleicht man z. B. die aus der Bewegung des Mondes und der Erde berechneten Ziehkräfte der Sonne und Erde, so findet man, daß der Mond von der Sonne etwa zwei mal so stark angezogen wird, als von der Erde; da aber jene ungefähr 400 mal so weit von uns entfernt ist als dieser, so ist die Anziehungskraft und Masse der Sonne unter gleichen Umständen etwa 2. 400. 400, oder 320000 mal so groß als die der Erde. Auf ähnliche Weise berechnet man die

Masse der drei oberen von Trabanten umkreisten Planeten. Bei den übrigen Planeten besitzen wir dieß einfache Mittel ihre Masse zu berechnen nicht; indeß sind die Störungen der Erdbahn durch Venus und Mars, die Wirkung des Mondes in der Vorrückung der Nachtgleichen, Nutation und Ebbe und Fluth, und die wechselseitigen Störungen der Jupiterstrabanten bedeutend genug, um daraus ihre Masse zu berechnen; aber bei Merkur und den Mittelplaneten ist es bis jetzt noch nicht gelungen. Auch bei den übrigen Körpern ist diese Größe noch sehr unzuverlässig bestimmt.

Aus der Masse und scheinbaren Größe läßt sich die Dichtigkeit leicht berechnen (S. 68.). Hat z. B. ein Körper 120 mal so viel Rauminhalt und nur 30 mal so viel Masse als die Erde, so ist seine Dichtigkeit auch nur der vierte Theil derselben, oder 0,25, wenn wir die Dichtigkeit der Erde als Einheit annehmen. Aber diese Zahlen sind wegen der Ungewißheit der scheinbaren Größe und der Masse so unzuverlässig, daß man sie nur als annähernd richtig betrachten kann. Die alten Bestimmungen von Laplace, obgleich auf Angaben beruhend, die mit den neuesten Beobachtungen der Entfernung und Größe nicht mehr ganz stimmen, sind daher für unsren Zweck ausreichend.

Tab. 1. Die Masse und Dichtigkeit der Sonne und der Planeten, nebst der Fallbeschleunigung der Schwere an ihrer Oberfläche, die auf der Erde als Einheit genommen. Dichtigkeit im Verhältniß zum Wasser, und Fallbeschleunigung in Fußen.

	Masse. Erde = 1.	Dichtigk. Erde = 1.	Fallb. Erde = 1.	Dichtigk. Wasser = 1	Fallbeschl. in Fußen.
Sonne	337086	0,254	27,98	1,24	422,142
Venus	0,945	1,112	1,05	5,41	15,872
Erde	1,000	1,000	1,00	4,87	15,113
Mars	0,132	0,744	0,42	3,62	6,331
Jupiter	315,893	0,231	2,57	1,12	38,779
Saturn	95,382	0,103	1,002	0,47	15,146
Uranus	17,283	0,228	0,91	1,11	14,575

Tab. 2. Dieselben Größen bei den Trabanten und die Massen im Verhältniß zu den Hauptplaneten.

	Masse. Dichtigkeit. Fallbeschl. Erde = 1.			Masse. Plan. = 1.	Dichtigk. Wasser = 1.	Fallbeschl. in Fußen.
Mond.	1 : 68,5	0,664	0,186	1 : 68,5	3.23	2,814
I. Jupiter.	1:182,69	0,158	0,051	1:57710	0,77	0,777
II. »	1:136,24	0,398	0,105	1:43038	1,94	1,589
III. »	1: 35,77	0,283	0,138	1:11300	1,38	1,977
IV. »	1: 74,21	0,388	0,126	1:23442	1,89	1,912

Die Masse ist eben so unabhängig von der Reihefolge der Planeten und Trabanten, wie die Größe (S. 254.). Alle Planeten haben etwa 430 mal so viel Masse als die Erde und 782 mal weniger als die Sonne. Die Größe der Trabanten scheint von der Größe des Hauptplaneten unabhängig zu sein, sonst würden die Jupiterstrabanten nicht noch kleiner sein können als unser Mond. Die Summe der Masse der Trabanten Jupiters ist gegen die Masse ihres Planeten sehr unbedeutend.

Regelmäßig erscheint die Dichte der Planeten zu sein; sie nimmt nämlich großentheils ab, während die Entfernung von der Sonne zunimmt. Lagrange glaubte deshalb, daß sie sich verkehrt, wie die Entfernung verhalte, und berechnete daraus die Dichte Merkurs auf $2^2/_3$ der Erde. Dieß wird jedoch von Uranus, der seine Vorgänger an Dichte übertrifft, widerlegt, und auch bei den übrigen Planeten findet jenes Verhältniß keinesweges genau statt. Noch weniger regelmäßig ist die Dichtigkeit beim Jupitersysteme. Die in der Tabelle aufgeführten Trabanten sind nicht so dicht als ihre Hauptplaneten; ob sich dieses auch im Saturn- und Uranussystem bestätigt, können wir nicht angeben. Die Werthe sind auch noch durch die Einwirkung der Atmosphäre ungewiß. Wir können nämlich oft nur den scheinbaren Durchmesser der ganzen Scheibe messen, ohne genau zu bestimmen, wo sich die dünne Atmosphäre von dem Kerne scheidet. Die Dichtigkeit, die auf dem Umfange des mit der Atmosphäre vereinigten Kerns beruht, wird daher kleiner gefunden als die Dichtigkeit des Kerns allein, den wir eigentlich bloß zu kennen wünschen, und um so mehr je höher verhältnißmäßig die Atmosphäre ist; so ist vielleicht die Dichte der Sonne und Jupiters bedeutend größer, als in der Tabelle angege-

ben ist. Bei Saturn und Uranus sind auch die Ringe und zahlreichen Trabanten nicht ohne Einfluß. Bei der großen Anzahl der Kometen, und ihrer Mannigfaltigkeit in Bewegung, Gestalt und Größe, ist es zwar wahrscheinlich, daß einige auch an Masse und Dichtigkeit den größeren Planeten nicht nachstehn; allein bei allen bis jetzt beobachteten war zwar der Umfang zuweilen so groß wie bei Planeten, aber ihre Masse sehr unbedeutend, sonst würden sie nicht so ganz spurlos zwischen den Planeten durchgegangen sein

Von dem Durchmesser und der Masse hängt die Beschleunigung des Falls an der Oberfläche ab. Wäre nämlich die ganze Sonnenmasse in einen nicht größeren Raum gedrängt als die Erde, so würde ein Körper an ihrer Oberfläche 340000 mal stärker beschleunigt werden. Aber die Oberfläche der Sonne ist von ihrem Mittelpunkte über 112 mal weiter entfernt als bei der Erde, mithin ist auch die Anziehung auf die Theile derselben $112{,}43 \times 112{,}43 = 12641$ (S. 254) mal kleiner, die Beschleunigung beträgt daher nur $^{337000}/_{12641}$, oder ungefähr 28 mal so viel als bei der Erde. Auf ähnliche Weise wird diese Größe bei den übrigen Himmelskörpern berechnet, deren Masse und Durchmesser bekannt sind.

Diese Größen sind für alle Erscheinungen der Oberfläche höchst wichtig. Nach ihnen richtet sich nämlich die Kraft, die man daselbst anwenden muß, um einen Gegenstand vom Boden zu erheben, oder seinen Fall zu verhindern. Mit derselben Kraft, womit z. B. der Mensch einen Kubikzoll Eisen hebt, hebt er auf dem Jupiter etwa $^2/_5$, auf der Sonne nur $^1/_{28}$, auf dem Monde aber 5. Ein Selenit, der dieselbe Stärke besäße wie der Mensch, würde also auf dem Monde mit gleicher Kraftanstrengung 5 mal so viel

ausrichten können, als wir auf der Erde, wodurch nach Gruithuisen die Riesenbauten des Mondes weniger unwahrscheinlich sind (vergl. S. 312). Auf der Sonne dagegen findet das Gegentheil statt. Allein solche Betrachtungen geben uns über die Erscheinungen auf fremden Weltkörpern keine Belehrung, da wir uns vernünftige Wesen sowohl in der Gestalt eines Riesen als eines Zwerges denken können. — Der Unterschied der Schwere könnte übrigens nicht durch Abwägen gefunden werden, indem ein Stück Gold auf der Sonne demselben Stück Eisen oder Blei das Gleichgewicht halten würde, wie auf der Erde, weil die Schwere bei allen Körpern auf gleiche Weise vermehrt wird.

Bei den entferntern Himmelskörpern kann man die Anzahl der Fuße, durch welche die Körper an ihrer Oberfläche in der ersten Sekunde fallen, nur aus ihrer Masse, oder aus der Bahn der sie umkreisenden Körper berechnen; bei der Erde dagegen stehn uns noch andre Mittel zu Gebote. Das einfachste ist, die Zeit zu beobachten, in welcher ein von einem erhöhten Standpunkte herabfallender Körper durch eine bekannte Strecke fällt. Durch Berechnung kann man alsdann leicht die Beschleunigung finden, aber der Widerstand und die Bewegungen der Luft, so wie die Schwierigkeit, Oerter aufzufinden, von denen ein Körper tief genug in der senkrechten Richtung hinabfallen kann, gewähren dieser Methode die Genauigkeit nicht, die man durch das Pendel (S. 107.) erlangt. Dieses wollen wir hier vorläufig als eine leichte freischwebende Stange ansehen, an deren unterem Ende ein schwerer Körper befestigt ist, so daß man sich das ganze Gewicht des Pendels im Mittelpunkte dieser Kugel vereinigt denken kann. Zwar ist ein solches Werkzeug unmöglich, indem sowohl die Stange als

die Kugel Gewicht und Ausdehnung haben, und andre Umstände, vorzüglich die Ausdehnung durch Wärme, die Einrichtung desselben noch zusammengesetzter machen, allein die Rechnung verbessert auch hier, wie gewöhnlich, die Fehler der Praxis und lehrt die Erscheinungen eines Pendels auf die jenes einfachen, aber eingebildeten, zurückzuführen. Wenn wir daher von der Länge eines Pendels reden, so verstehn wir darunter die Entfernung jenes Punkts, worin man sich die Masse koncentrirt denkt, vom Aufhängepunkte.

Wenn das Pendel in Ruhe ist, so hängt es senkrecht, d. h. in der Richtung der Anziehung, sobald es aber durch einen Stoß davon entfernt wird, kehrt es wieder mit beschleunigter Bewegung dahin zurück. In der senkrechten Lage angelangt, wird es zwar von der Schwere nicht ferner beschleunigt, setzt aber seine Bewegung vermöge der Trägheit fort, bis es auf der andren Seite fast eben so hoch gestiegen ist, als es vorhin war, fällt dann von neuem, und es beginnt eine Reihe von Schwingungen, deren Geschwindigkeit von der Stärke der Anziehung und der Länge des Pendels abhängt und die ohne den Widerstand der Luft und die Reibung des Instruments nie aufhören; welches also ein sehr einfaches Perpetuum mobile sein würde. Zum Glück sind die Perioden der einzelnen Schwingungen, wenn man sie nicht zu groß nimmt, fast gänzlich einander gleich. Je stärker die Anziehung, oder je kürzer das Pendel ist, desto rascher folgen sich die Schwingungen und desto mehr sind ihrer in einer gewissen Zeit; je schwächer aber die Anziehung, oder je länger das Pendel ist, desto langsamer sind die Schwingungen und desto weniger sind ihrer. Eine einfache Formel lehrt aus der Länge des Pendels und der Anzahl der Schwingungen die Stärke der Anziehung messen. Die Länge, die man einem

Pendel gibt ist gewöhnlich so, daß es eine Schwingung in der Sekunde macht. Dieses jedem Astronomen unentbehrliche Werkzeug nennt man das Sekundenpendel. Ihm verdanken noch mehr als den Fernröhren die Beobachtungen der Neuern ihren Vorzug vor denen der Alten, welche in ihren Wasser- und Sanduhren nur ein sehr unvollkommnes Zeitmaß besaßen.

Das Pendel ist ein Hauptmittel geworden, die Gestalt der Erdoberfläche, oder vielmehr die Stärke (Intensität) der Schwere an jedem Orte, kennen zu lernen. Ein Sekundenpendel, das in Paris 3600 Schwingungen in der Stunde machte, machte an dem Aequator bedeutend weniger, es mußte dort verkürzt werden, als es auch die Sekunden richtig angeben sollte, dagegen bewegt es sich in Lappland noch rascher als in Paris, wo also das Sekundenpendel kürzer als im hohen Norden ist; am längsten ist es also am Pol, am kürzesten am Aequator; oder die Anziehung der Schwere ist dort am stärksten, hier am schwächsten, eine Bestätigung der oben entwickelten Theorie. Die genauen Pendelbeobachtungen, die man in Verbindung mit Gradmessungen in verschiedenen Ländern angestellt hat, haben die Unregelmäßigkeit der Erdoberfläche nachgewiesen (S. 107.).

Auf die bisher angegebene Weise hat man die Massen der Himmelskörper im Verhältniß zur Erde kennen gelernt; wir wissen z. B. daß Jupiter 316 mal so viel Masse hat und $^1/_4$ so dicht ist als die Erde, allerdings schon ein Fortschritt, den selbst Kepler kaum gehofft haben kann; aber wir befinden uns hier in demselben Falle wie oben bei den Entfernungen der Himmelskörper; wir wußten genau anzugeben wie sie sich zur Entfernung der Erde von der Sonne verhielt, aber diese blieb uns unbekannt, bis

man durch die sinnreichsten Methoden ihre Größe mit einiger Genauigkeit in Meilen anzugeben vermochte (S. 174.). So müssen wir auch hier versuchen das Gewicht der Erde in einem uns bekannten Maße, etwa in Centnern, zu finden, hieraus ließe sich dann leicht das Verhältniß ihrer Dichtigkeit zu einem uns bekannten Körper, etwa zum Wasser, angeben. Man berechnet nämlich das Gewicht einer Wasserkugel von der Größe der Erde, welches, da die'e bekannt ist, leicht geschehen kann; und das Verhältniß dieser Masse zu der der Erde ist die Dichtigkeit der Erde, wobei die des Wassers, wie fast durchgängig in der Naturlehre, als Einheit angenommen wird. Wir werden vornehmlich die letztere Größe berücksichtigen, weil sie von einer willkürlichen Gewichtseinheit unabhängiger ist, als jene.

Die Lösung dieser Aufgabe scheint sehr leicht zu sein. Man beobachte die Anziehung, welche ein irdischer Körper, dessen Gewicht wir genau kennen, auf einen andren übt, und leicht läßt sich alsdann die Masse der Erde berechnen; aber die Versuche sind wegen der geringen Anziehungskraft äußerst schwierig. Die erste Gelegenheit zu solchen Beobachtungen hatten Bouguer und Condamine, als sie sich einer Gradmessung willen in Quito aufhielten. Sie fanden nämlich, daß die Vertikallinien auf beiden Seiten des Chimborasso einen Winkel von 8″ mit einander machten; da sie eigentlich parallel sein mußten, so konnte dieser Unterschied nur durch die Anziehung des Berges veranlaßt werden. Diese betrug also 4 Sek., und um so viel wich das Pendel und die Horizontalebene, oder die Oberfläche der Gewässer, von der durch die bloße Anziehung der Erde bestimmten Vertikal- und Horizontallinie ab. Allein da die Masse des Berges nicht

genau bekannt war, so blieb diese Beobachtung ohne sicheren Erfolg.

Glücklicher war Maskelyne am Shehallien, einem Berge an der englisch-schottischen Grenze. Der Stand des Pendels war auf beiden Seiten des Berges um 12″ verschieden, die Anziehung desselben betrug also 6″. Da die Masse dieses isolirten, aus gleichförmigem Granit bestehenden Berges leicht berechnet werden konnte, so gab eine Vergleichung mit der Anziehung der Erde die Dichte der letztern 4,87 mal größer als die des Wassers. Die Erdkugel wiegt also beinahe 5 mal so viel wie eine gleich große Wasserkugel, und ihre Masse etwa 12—13 Quadrillionen Pfund.

Zu einem ähnlichen Resultate gelangte Cavendish, indem er unmittelbar die Anzahl der Schwingungen beobachtete, wozu die Anziehung einer schweren Kugel eine lange, sehr bewegliche, horizontal liegende Stange zwang (eine Art Pendel, worauf die Erdschwere keinen Einfluß übte). Eine, auf diese sehr sorgfältig angestellten Versuche, deren genauere Beschreibung aber unsrem Plane nicht angemessen sein würde, begründete Rechnung gab die Dichte der Erde 4,5, welches wenig von Maskelyne's Beobachtungen abweicht.

Der Körper der Erdrinde, wenn wir auch die Atmosphäre nicht berücksichtigen wollen, sind aber weniger dicht als die gesammte Erde, die Hauptmasse derselben ist daher wahrscheinlich mehr im Innern der Erde zusammengedrängt, und die Körper, die sich dort befinden, sind entweder durch den Druck der darüberliegenden Masse sehr verdichtet, oder sie gehören schon an sich den dichtern Körpern, etwa den Metallen an; dieses scheint auch durch andre Gründe bestätigt zu werden. Allein begnügen wir uns mit den

einmal in diesem Zweige der Astronomie gesammelten Thatsachen. Erfahrung und Rechnung verlassen uns hier, und wo wir dieser treuen Führer entbehren, und eine ungezügelte Einbildungskraft uns mit dem lockenden Namen einer Naturphilosophie verführt, da finden wir nur glänzende mit allen Gaben der Beredsamkeit geschmückte — oder auch wol ihrer ganz entbehrende — Luftgebilde, die nur darum nicht schon gänzlich in ihrem wahren Werthe dargestellt sind, weil sie die Hauptgründe, womit die wahre Naturlehre sie angreifen konnte, Beobachtung und Mathematik verschmähen und nur einem willkürlichen Principe gehorchen.

Achtzehnte Vorlesung.

Anordnung der Sterne, Sternbilder.

Aus dem engen Gebiete des Sonnensystems, auf welches wir bisher alle unsre Betrachtungen beschränkt haben, wenden wir uns nun zu der weit zahlreicheren und ausgedehnteren Klasse der Fixsterne. Zu ihnen gehören alle Gestirne, die wir mit unbewaffnetem Auge am Himmel erkennen, die Sonne, der Mond und 4 oder 5 kleinere Sterne ausgenommen, und wenn sich auch in dem Fernrohre die Zahl der letzteren, ohne die Kometen, auf etwa 30 vermehrt, so nimmt dagegen die Menge der Fixsterne in so ra-

schem Verhältnisse zu, daß wir uns fast entschuldigen müssen, den wenigen planetarischen Körpern den größten Theil unsres Werkes gewidmet zu haben. Aber der Antheil, den wir an den äußeren Gegenständen nehmen, kann nicht nach deren Anzahl oder Größe gemessen werden; der kleine, aber uns eng verbundene Mond ist nächst der Sonne das Hauptgestirn an unserem Himmel, und Venus und Jupiter übertreffen an Glanz selbst die ausgezeichnetsten Fixsterne.

Dem bloßen, wie dem bewaffneten Auge bieten sich auf dem dunklen Grunde des Himmels sowohl eine zahllose Menge unregelmäßig verbreiteter Sterne, von sehr verschiedenem Glanze dar, als auch blasse Wolken, die zwar zwischen den Sternen zu schweben scheinen, aber wie diese an der Himmelskugel unbeweglich sind, und daher zu dem Gebiete der Fixsterne gehören. Die größte derselben, oder vielmehr eine Anhäufung einer Menge solcher Wolken, ist die Milchstraße, ein sehr unpoetischer Name für die unendliche Menge von Sternen, aus welchen sie besteht, und der nur mit den im Orient üblichen Benennungen, die Straße von Stroh oder die Wagenspur, wetteifern kann. Passender ist ein andrer orientalischer Name, die Mutter des Himmels. Sie erstreckt sich als ein unregelmäßiger Streif um die Himmelskugel, so daß ihr Durchschnitt fast einen größten Kreis derselben bildet. Wir werden diese Klasse von Fixsternen später beleuchten; jetzt wollen wir uns mit den einzelnen dem bloßen Auge sichtbaren Sternen beschäftigen.

Des Menschen Phantasie, die gerade da am thätigsten ist, wo er mit seiner Vernunft nichts ergründen kann, fand auch lange Zeit vor Homer und der Bibel in der Anordnung der ausgezeichnetern Sterne Aehnlichkeit mit Gegenständen, die in der Wirklichkeit oder in der Einbildungskraft lebten. In paar-

weise gestellten Sternen sah man Zwillinge, oder ein Paar Ziegen; in andren glaubte man einen fliegenden Vogel zu erkennen, der dem Hirten ein sanfter Schwan, dem Jäger ein kriegerischer Adler oder ein Geier wurde. Wo die Sterngruppen irdischen Gegenstänen weniger ähnlich waren, da hatte die Phantasie einen desto größeren Wirkungskreis, und dasselbe Auge, das in den unförmlichen Mondsflecken einen Mann mit einer Hirschkuh und einem Hunde erkannte, konnte auch Bären, Rosse, Delphine u. dgl. am Himmel erblicken. Aber war es anfangs und lange Zeit hindurch nur ein Spiel der Phantasie, die Sterne zu betrachten und zu benennen, so begann allmälig ein ernsteres Geschäft, indem die Veränderungen der Jahreszeiten und die Arbeiten des Ackerbaues nach den Erscheinungen der Fixsterne bestimmt wurden. Der unvollkommne und meistentheils mit dem Sonnenlaufe nicht übereinstimmende Kalender (S. 195.) zwang z. B. die Aegypter, um nicht von den Ueberschwemmungen des Nils übereilt zu werden, auf die Zeit zu achten, wann der Sirius sich wieder in der Morgendämmerung zeigte, nachdem er eine Zeitlang von der Sonne verdunkelt gewesen war. Andre Sterne zeigten ihnen die Zeit der Aussaat und der Ernte an. Die Sternbilder erhielten dadurch eine höhere Bedeutung. Die Priester, zu deren Amt diese Beobachtungen gehörten, verbreiteten ihre Benennungen, die vielleicht früher für jeden Volsstamm verschieden waren, über das ganze Land, wohin sich ihr Einfluß erstreckte. Aus dem gewöhnlichen Fehlschlusse, daß eine Begebenheit, die auf eine andre folgt, auch ihre Wirkung sei, der auch bei den Erscheinungen des Mondes und der Kometen den Aberglauben so sehr befördert hat, sah man die Erzeugnisse des Bodens, den Regen, die Ueberschwemmungen, die Dürre und die Krankheiten

der Jahreszeiten, auf welche man die Gestirne bezog, als Wirkungen derselben an. Wie nah lag nun der Gedanke, diese Sterne den Göttern zu weihen, welche jene Erscheinungen veranlaßten, oder sie für Sinnbilder jener Götter zu halten! Aus dem Sternbilde, dessen Aufgang mit dem Austreten des Nils gleichzeitig war, entstand daher das Sternbild des Anubis bei den Aegyptern; auf ähnliche Weise entstanden bei andren Völkern die Sternbilder der Derketis und der Erntegöttin (bei den Griechen Ceres). Man vergaß über die wichtigere Beziehung, die man ihnen jetzt beilegte, die frühere Bezeichnung und Benennung, und mit dem Namen der Götter gab man ihnen auch ihre Gestalt. So wurde aus dem Sternbilde des Anubis das Bild eines Hundes, aus dem der Derketis ein Fisch, und aus dem der Ceres oder einer ähnlichen Göttin eine Jungfrau mit Aehren, und da die Gestalt und die Attribute der Götter sich auf die Arbeiten des Ackerbaues, der Viehzucht, der Schifffahrt und dergl. bezogen, so glaubte man oft in den Sternbildern ein Symbol derselben zu sehn. Die Götter haben daher ihre Gestalt nicht von den Sternbildern erhalten, sondern diese von jenen. Daß aber Götter statt der edleren menschlichen Gestalt mit Hundsköpfen und Fischschwänzen abgebildet wurden, ist eben so sehr von der Astronomie unabhängig, als daß sie als Ibis, Affen, Elephanten oder sonst mit thierischen Theilen gedacht wurden, wovon sich keine Aehnlichkeit unter den Sternbildern findet. Einige kleinere Sternbilder, die ohne die physischen Beziehungen nicht von den übrigen ausgezeichnet worden wären, und deren Sterne zu andren Bildern gezogen waren, wie z. B. die Wage, die Fische, wurden wahrscheinlich erst später gebildet, und erhielten nun den astronomischen Begriffen angemessene Benennungen.

Bei den meisten Sternbildern, deren Auf- und Untergang weniger mit den Jahreszeiten in Verbindung standen, oder doch nicht beachtet wurden, blieben die Benennungen und Bezeichnungen ungeändert. Da man jedoch nun schon daran gewöhnt war, einige Sterne in Verbindung mit den Göttern und ihren Sagen zu sehn, so suchte man auch die übrigen Sternbilder darauf zu beziehen. Auf diese Weise kamen die heiligen Mythen und die Volkssagen fast mit allen Sternbildern in Verbindung, wie auch der Ursprung derselben gewesen sein mochte. Und wie die Götter theils personificirte Gegenstände der menschlichen Beschäftigungen und Eigenschaften, theils geschichtlichen Ursprunges sind, so sind auch ihre Mythen ein verworrenes Gewebe physischer und moralischer Abstraktionen und historischer Begebenheiten, die bei den Sternbildern noch durch astronomische Symbole vermehrt wurden, welche dann freilich wieder auf den Mythenkreis zurückwirkten. So entstanden die Sternbilder und die an sie geknüpften Sagen.

Nur bei wenigen Sterngruppen war die Aehnlichkeit mit irdischen Gegenständen so auffallend, daß man überall dasselbe oder ein ähnliches Bild sah, wie bei den Zwillingen, dem fliegenden Vogel, einigen Schlangen und Riesen; im Uebrigen aber war die Phantasie unumschränkt. Was kümmerten den seefahrenden Phönicier die Ochsen und Ziegen der Ackerbau treibenden Völker, was den Chaldäer die Ueberschwemmungen des Nils und den Aegypter die Regenzeiten am Eufrat? Die Indier hatten andre Jahrszeiten, andre Produkte und andre Götter als die übrigen Völker; jedes selbstständige Volk bildete den Himmel nach seiner Phantasie, seinem Klima, seinen Jahreszeiten und seiner Religion. Allein nicht zu gleicher Zeit haben alle Völker einen so hohen

Grad von Kultur erreicht, daß eine Behörde, etwa eine Priesterkaste, den Sternbildern ein größeres Ansehn verschaffen konnte. Ein früher gebildetes Volk brachte mit seiner Kultur auch seine Mythen und die in vielen Punkten damit eng verbundene Astronomie zu rohern Völkern, selbst die Sterndeuterei trug durch ihre große Verbreitung dazu bei, mehr Aehnlichkeit in die Sternbezeichnung der verschiedenen Länder zu bringen. Auf diese Weise wurden vorzüglich die wichtigern Sternbilder weit verbreitet, so daß die Völker ihre Bezeichnungen zuweilen wechselseitig von einander entlehnten. Manche Sternbilder, die eine Hauptrolle bei den Beschäftigungen eines Volkes spielten, verdrängten die weniger wichtigen bei andren Völkern, und wenn Aegypten von den Phöniciern die Fischgöttin Derketis empfing, so gab es dafür das Anubisgestirn, den großen Hund, zurück.

So bildete sich allmälig durch den Verkehr der Völker, wenn auch nicht eine gleiche, doch eine ähnliche Bezeichnung aus, und nur die entfernten und ganz außer Berührung stehenden Nationen behielten die ursprüngliche Verschiedenheit bei, z. B. die Chinesen und Aegypter.

Je später ein Volk seine Bildung erlangte, und je mannigfaltiger deren Quellen waren, desto weniger Einheit herrschte auch in seinen Sagen. Dieß ist vorzüglich bei den Griechen der Fall. Die Mythen, welche Kadmus aus Phönicien, Pelops aus Lydien einführten, vermischten sich nebst den ägyptischen des Kekrops und Danaus mit den einheimischen. Doch verstand kein Volk besser als die eben so zart fühlenden als tief denkenden Griechen, die von allen Seiten zusammengeströmten Mythen in ein schönes Gewand zu hüllen, die ernste Symbolik der Orientalen ver-

schwand in der lieblichen Dichtung, und viele fabelhafte Sagen wurden nach Griechenland verlegt und mit griechischen Geschichten verschmolzen. Alles dieses zeigt sich auch bei den Sternbildern der Griechen. Es sind großentheils die ägyptischen, denn auch außer jenen alten Führern schöpften die Thales und Pythagoras ihre Weisheit von ägyptischen Priestern; aber statt der ägyptischen Namen lesen wir griechische, und aus dem mächtigen Aegyptergotte ist ein Jagdhund geworden, der den Orion begleitet.

Die Sternbilder der Neueren haben einen noch mannigfaltigern Ursprung. Bald ging man in die Mythen der Alten ein, gab z. B. dem Bootes Jagdhunde, dem Herkules den Cerberus, und fügte auch wol in der Taube mit dem Oelzweige eine hebräische Sage hinzu; bald dachte man an die Bewohner und Erzeugnisse der Erdzonen, in deren Zenith die Sterne kommen konnten, z. B. der Indianer und der Tukan im Süden, das Rennthier im Norden. Oft gab man den Sternbildern Gestalt und Namen wissenschaftlicher Werkzeuge; so entstand der Grabstichel, der Luftball u. a. am Himmel; nicht selten suchten dadurch die Astronomen Fürsten und Gelehrten ein Denkmal zu setzen, z. B. Friedrichs Ehre, Kants Eiche, der Erntehüter (dem Astronomen Messier); sehr selten achten sie auf wirkliche Aehnlichkeit — denn an Phantasie stehn die Gelehrten den Naturvölkern eben so sehr nach, als sie ihnen an Kenntnissen überlegen sind — z. B. beim südlichen Kreuze; desto öfter folgten sie aber nicht der Einbildungskraft, sondern der Laune, z. B. beim Fuchs mit der Gans, der Katze u. d. gl.

Aber was von englischen Astronomen angegeben war, wurde von den Franzosen nicht aufgenommen, was diese einzuführen suchten, von den Deutschen ver-

worfen, und da kein Astronom sich einen Vorrang zu erwerben vermochte, wie es z. B. Linné in seinem Fache gelang, so entstand eine Verwirrung, die der Wissenschaft, wenn nicht sehr nachtheilig war, doch gewiß nicht nützte. Dieser auch schon in frühern Zeiten unangenehme Umstand brachte manchen Astronomen auf den Gedanken, den Himmel nach einem neuen Systeme einzutheilen. Den frommen Schickard, Beda, Schiller waren die heidnischen Namen ein Gräuel, sie suchten sie durch christliche zu ersetzen. Die 12 Apostel boten sich trefflich zu den 12 Zeichen im Thierkreise dar, der Widder wurde z. B. zum Apostel Petrus, der Stier zum heil. Andreas; der große Bär das Schifflein Petri; Kassiopea die Maria Magdalena; der Pegasus zum Engel Gabriel; aus Herkules wurden die drei Könige, wie man auch wol die 3 Sterne im Gürtel des Orion nannte. Fast beispiellos lächerlich ist Weigels Einfall, den Himmel mit den Wappen der europäischen Fürsten zu bedecken; statt des Schwans sollten die Kurschwerter, statt des Adlers und Antinous der preußische Adler, an der Stelle des Fuhrmanns die französischen Lilien, und für Orion der römische zweiköpfige Adler am Himmel glänzen. Indeß fanden glücklicherweise weder Weigels heraldischer, noch Schillers biblischer Himmel Eingang; sie wurden beide vergessen, und dadurch eine noch größere Verwirrung vermieden.

Unsre Sternbilder zerfallen in zwei Klassen, in alte und neue; jene sind die alten ägyptisch-griechischen, diese die von den Neuern in den letzten zwei Jahrhunderten hinzugefügten. Wahrscheinlich war Hipparch der erste, der eine genaue Aufzählung der Sternbilder des ganzen ihm bekannten Himmels unternahm. Er beobachtete 1022 Sterne in 48 Stern-

bildern; indeß ist uns seine Arbeit erst durch Ptolemäus bekannt geworden. Man nennt daher die alten Sternbilder die ptolemäischen, die durch den Almagest nicht nur bei uns, sondern sogar bei den Arabern die einheimischen fast gänzlich verdrängt haben. Wahrscheinlich haben auch Hipparch und andre alexandrinische Astronomen einige neue Sternbilder gebildet, und sie nach mythischen Gründen benannt; so verdankt vielleicht die Sterngruppe des Hasen ihren Namen der Nähe des Jägers. Daß nicht eine religiöse Scheu von solchen Neuerungen abhielt, zeigt z. B. Antinous, der sein Dasein einer groben Schmeichelei verdankt.

Ptolemäus faßte indeß nicht alle Sterne in seinen Sternbildern zusammen. Es blieb noch eine beträchtliche Anzahl nicht gruppirter Sterne übrig, die man zerstreute, unförmliche Sterne nannte. Diese haben nun die Neuern in Sternbilder gefaßt, sind aber dabei oft in die ohnedieß nicht fest bestimmten Grenzen der Alten eingeschritten; auch haben sie die den Alten unbekannten Gegenden der südlichen Halbkugel, mit Sternbildern bedeckt. Welches aber auch die Veranlassung zu ihrer Bildung und Benennung gewesen sein mag, so enthalten die folgenden Tabellen die bei uns eingeführten Sternbilder. Sie sind in nördliche, südliche und in Sternbilder des Thierkreises getheilt, weil sich die letztern durch mehrere Ursachen auszeichnen; ferner in ältere und neuere, weil dieser Unterschied für ihre Erklärung wichtig ist.

Nördliche Sternbilder der Alten (23).

Der kleine Bär	24	Der Pfeil	18
Der große Bär	87	Der Adler	74
Der Drache	80	Antinous	
Cepheus	35	Der Delfin	18
Bootes	54	Das Füllen (kleine Pferd)	10
Die Krone	21	Das Pferd oder Pegasus	89
Herkules	89	Andromeda	63
Die Leier	22	Der nördliche Triangel	16
Der Schwan	81	Das Haar der Berenice	43
Kassiopea	55		
Perseus	59		
Der Fuhrmann	66		
Ophiuchus	74		
Die Schlange	64		

Das Haar der Berenice und Antinous sind eigentlich davon auszunehmen; denn obgleich sie Ptolemäus schon genannt hat, so sind sie doch erst von Tycho eingeführt worden. Es bleiben daher nur 21 Sternbilder.

Nördliche Sternbilder der Neueren (16).

Der kleine Löwe	53	Friedrichsehre	42
Die Jagdhunde	25	Der Berg Mänalus	11
Cerberus	24	Karls Herz	3
Der Mauerquadrant	8	Die Fliege (Lilien)	6
Der poniatowskische Stier	7	Das Rennthier	10
Der Fuchs mit der Gans	35	Der Erntehüter	10
Die Eidechse	16	Das Kamelopard	58
		Der Luchs	44
		Herschels Teleskop	17

Südliche Sternbilder der Alten (15).

Der Wallfisch	97	Der Becher	21
Eridanus	84	Der Rabe	9
Orion	78	Der Centaur	35
Der Hase	19	Der Wolf	24
Der kleine Hund	14	Der Altar	9
Der große Hund	31	Die südliche Krone	12
Das Schiff (Argo)	64	Der südliche Fisch	24
Die Hyder	60		

Weil die Alten die Polargegenden der südlichen Himmelshalbkugel nicht beobachten konnten, so erstrecken sich auch ihre Sternbilder nur über den nördlichen Theil derselben. Weit ausgedehnter sind die Beobachtungen der Neueren.

Südliche Sternbilder der Neueren (40).

Das chemische Laboratorium	14	Die Buchdruckerwerkstatt	16
Die Georgsharfe	11	Die Katze	28
Die Pendeluhr	12	Der Kompaß u. die Logleine	16
Der brandenburgische Szepter	6	Die Luftpumpe	25
Das Rhomboidalnetz	10	Der Uranfextant	41
Der Grabstichel	16	Der Einsiedlervogel	18
Der Schwertfisch (Dorado)	6	Das Kreuz	5
Die Taube	10	Die Biene	4
Die Malerstaffelei	8	Das Kamäleon	10
Das Einhorn	31	Die Eiche Karls II.	12

Der fliegende Fisch	8	Der Oktant	43
Das Teleskop	8	Das Mikroskop	10
Das Lineal und der Maßstab	12	Der Luftball	8
Der Zirkel	4	Der Kranich	13
Der südliche Triangel	5	Der Tukan	9
Der Paradiesvogel	11	Die männliche Hyder	10
Der Tafelberg	30	Die Bildhauerwerkstatt	12
Sobieski's Schild	7	Der Phönix	13
Der Indianer	12	Die Elektrisirmaschine	22
Der Pfau	14	Die beiden Wolken	—

Die beiden Wolken sind zwei dichte Gruppen kleiner Sterne in der Nähe des Südpols.

Sternbilder des Thierkreises (12).

Der Widder (♈)	66	Die Wage (♎)	51
Der Stier (♉)	141	Der Skorpion (♏)	44
Die Zwillinge (♊)	85	Der Schütz (♐)	69
Der Krebs (♋)	83	Der Steinbock (♑)	51
Der Löwe (♌)	95	Der Wassermann (♒)	108
Die Jungfrau (♍)	110	Die Fische (♓)	113

Also im Ganzen 106 Sternbilder. Die Zahlen neben den Ueberschriften bedeuten die Anzahl der zugehörigen Sternbilder; die neben den einzelnen Sternbildern stehenden, die Anzahl der darin sichtbaren Sterne, eine natürlich sehr willkürliche Bestimmung, die an und für sich keine Sicherheit gewährt, sondern nur im Allgemeinen die verhältnißmäßige Größe der verschiedenen Sternbilder bestimmt. Der Stier z. B.

der 141 Sterne zählt, und die Jungfrau gehören zu den größten Sternbildern des Himmels.

Die einzelnen Sterne wurden sonst durch ihre Lage in dem Sternbilde bezeichnet, z. B. das Herz des Löwen, das Auge des Stiers, einige erhielten auch eigene Namen; indeß fühlten die alten Griechen und Römer den Mangel einer genaueren Bezeichnung weniger als die Araber, die auf Sternverzeichnisse große Aufmerksamkeit verwendeten, und einer großen Anzahl von Sternen eigene Namen beilegten, welche sich meistens auf den Glanz und auf die Lage bezogen, aber großentheils so verstümmelt sind, daß selbst ein der arabischen Sprache Kundiger, ihren Ursprung nur mit Mühe errathen kann. Indeß reichte auch dieses für die genauere Untersuchung der Neueren nicht aus, und Joh. Bayer aus Augsburg erwarb sich das Verdienst dem Bedürfnisse auf die noch jetzt übliche Weise abgeholfen zu haben. Er bezeichnete nämlich den Hauptstern einen Bildes mit α, die andren mit den übrigen Buchstaben des griechischen Alphabets; reichte dieses nicht aus, so nahm er zu den lateinischen Buchstaben seine Zuflucht, und wenn es nöthig war, auch noch zu Ziffern. So ist z. B. der Polarstern, α kleiner Bär, Pollux, β Zwillinge. Am einfachsten wäre es, sich fortlaufender Zahlen zu bedienen.

Wie ein Blick auf den Sternenhimmel zeigt, sind die Sterne von sehr verschiedenem Glanze; man hat sie daher schon seit den ältesten Zeiten in verschiedene Klassen getheilt. Die scheinbar größten oder glänzendsten Sterne nennt man Sterne erster Größe, die auf diese folgenden, Sterne zweiter Größe u. s. f. Mit dem unbewaffneten Auge kann man die Sterne bis zur fünften oder sechsten Größe erkennen, bei sehr heiterem Himmel und sehr scharfem Auge auch wol

noch weiter; die übrigen nennt man teleskopische Sterne, da sie nur mit Hilfe des Fernrohrs zu erkennen sind. Die Anzahl der Klassen, oder der Größen der Sterne, geht aber, wie es scheint, mit Hilfe des Fernrohrs in's Unendliche; denn selbst das herschelsche Teleskop, womit man fast das Ziel des menschlichen Gesichtsorgans erreicht zu haben glaubte, indem die Anzahl der sichtbaren Sternklassen dadurch gegen die andren Fernröhre außerordentlich vermehrt wurde, wird noch von den neuen Frauenhoferschen achromatischen Fernröhren übertroffen, wodurch sich unsrem Auge eine noch größere Anzahl von Sternen darbietet.

Es fehlt noch immer an einem allgemein aufgenommenen Merkmale wodurch man die verschiedenen Klassen von einander unterscheiden könnte. Die Eintheilung hängt daher fast ganz von der Willkür der Astronomen ab, so daß die Sterne, die an der Grenze zweier Klassen stehn, bald zur höhern, bald zur niedrigern gezählt werden. Auch die Anzahl der Sterne, die zu einer jeden Klasse gehören, ist deshalb nicht für alle Astronomen dieselbe, während einige nur 12 Sterne erster Größe zählen, haben andre wol 20. Man rechnet gewöhnlich folgende zu ihnen.

In der nördlichen Halbkugel (8).

Kapella im Fuhrmann;
Arkturus im Bootes;
Atair im Adler;
Procyon im kleinen Hunde;
Wega in der Leier;
Aldebaran im Stier;
Regulus im Löwen:
Beteigeze im Orion;

In der südlichen Halbkugel (7).

Rigel im Orion;	Acharnar im Eridanus;
Sirius im großen Hunde;	Spika in der Jungfrau;
Fomahand im südl. Fisch;	Antares im Skorpion;
	Kanopus im Schiffe;

Die letzten beiden fehlen auf unsrer Karte, weil sie unter unsren Breiten niemals aufgehn.

Am schönsten glänzt Sirius und Kanopus, so daß sie in Südafrika bei sehr heiterem Himmel sogar am hellen Tage gesehn werden können; am wenigsten Procyon, Spika und Atair, die daher auch wol zur zweiten Klasse gezählt werden. Von den Sternen zweiter Größe zeichnen sich durch ihre Größe aus, und werden auch wol zur ersten Klasse gezählt: Deneb im Schwan, Kastor und selbst Pollux in den Zwillingen; Denebola im Löwen, und Alfard in der Wasserschlange.

Die Anzahl der Sterne nimmt allmälig in den folgenden Klassen zu. Nach Flamsteads Katalog z. B. sind Sterne der ersten Größe 20, der zweiten 76, der dritten 323, der vierten 512 u. s. f. Andre geben etwas verschiedene Zahlen, überall aber ist die Zunahme rasch.

Es ist übrigens nicht leicht, die Sterne am Himmel zu zählen. Nicht wegen ihrer Menge, — denn wenn auch ihre Anzahl unendlich ist, so ist doch nur eine sehr geringe Anzahl den bloßen Augen sichtbar und der, bei den Dichtern der Hebräer und andrer Völker häufig vorkommende Vergleich „so zahlreich wie die Sterne am Himmel, und der Sand am Meere" ist in dieser Rücksicht nicht passend — sondern wegen

ihrer unregelmäßigen Lage. Wenn man zerstreute irdische Körper zählen will, so muß man sie in Reihen ordnen, dieß ist aber bei den Sternen unmöglich. Indeß erreicht man durch die Gruppirung der Sterne in den Sternbildern, den Zweck mit hinlänglicher Genauigkeit. Wenn man die bei den Sternbildern (S. 385.) angegebenen Zahlen addirt, so erhält man 1511 Sterne in der nördlichen, 1131 in der südlichen Halbkugel und 1016 in den Sternbildern des Thierkreises, also im Ganzen 3658. Die Zahl der südlichen ist geringer, theils weil sie nicht so genau beobachtet sind wie die nördlichen, theils weil die Sternbilder des Thierkreises sich mehr in die südliche als in die nördliche Halbkugel zu erstrecken scheinen. Jene Angaben, die auf älteren Beobachtungen beruhn, sind jedoch zu gering, und man kann auf der ganzen Himmelskugel etwa 7000 den bloßen Augen sichtbare Sterne annehmen. Ihre Anzahl nimmt in den höheren Klassen so rasch zu, daß man zwischen der ersten und neunten Größe 70,000 Sterne rechnen kann.

Wir wollen nun noch einiges Merkwürdige von den einzelnen Sternbildern hinzufügen.

Die beiden Bären und Bootes bilden eine Familie von Sternbildern, wie wir deren einige am Himmel finden. Kallisto, eine Geliebte Jupiters, von der eifersüchtigen Juno in eine Bärinn verwandelt, entging der Gefahr, durch ihren eigenen Sohn Arkas auf der Jagd erlegt zu werden, nur dadurch, daß auch dieser von Jupiter in einen Bären verwandelt wurde. Mutter und Sohn glänzen seitdem als großer und kleiner Bär am Himmel. Bootes ist dann der Bärenhüter (Arktophylax); oder auch wol Arkas selbst, der von seinem Großvater Lykaon den Göttern als Speise vorgestellt, von Jupiter wieder zusammengefügt, und in den Himmel versetzt wurde. Die bei-

den Jagdhunde, Asterion und Chara, so wie auch der arkadische Berg Mänalus, worauf Bootes steht, sind ihm erst späterhin von Hevel beigelegt. Nach einer andren Sage ist Bootes der athenische König Ikarus. Er hatte den attischen Schäfern Wein zu trinken gegeben, dessen Bereitung er von Bacchus gelernt hatte. Diese hielten sich aber, als sie die ihnen bisher unbekannte Wirkung des Weines verspürten, für vergiftet und tödteten den Ikarus, der darauf mit seinen Ochsen in den Himmel versetzt wurde. Daher der Name Bootes, Ochsentreiber; die sieben Sterne des großen Bären sind alsdann seine Ochsen, daher ihr römischer Name Septentrio (sieben Ochsen). Der kleine Bär, der aus weit minder ausgezeichneten Sternen besteht als der große, scheint erst später gebildet, und wegen der ähnlichen Anordnung seiner Sterne in die Sagen des großen Bären verflochten zu sein, daher nannten die Römer beide Sternbilder Septentriones. Bei den Morgenländern, und auch zuweilen bei den Abendländern, stellte man sich die sieben Hauptsterne der Bären als den großen und kleinen Wagen vor, und nannte die drei Schwanzsterne, der orientalischen Bildersprache gemäß, die Töchter des Wagens oder des Bären. Statt des Bootes hatten die alten Araber mehre Waffen und einen Esel.

Der größte Stern im kleinen Bären, der äußerste Stern an dessen Schwanze, ist der Polarstern. Man findet ihn, wenn man eine gerade Linie durch die beiden ersten Sterne (α, β) des großen Wagens verlängert. Er ist jetzt etwa 1°29′ vom Pol entfernt, und wird sich ihm noch bis zum Jahre 2101 nähern, wo dann die Entfernung 28′ beträgt. Durch die Fortrückung der Nachtgleichen entfernt er sich dann wieder von ihm, bis sich der Pol nach 2328 Jahren

dem Sterne γ am Knie des Cepheus auf 1°53′ genähert haben wird. Im Jahre 2800 v. Chr. war er nur 9′ von dem Sterne α des Drachen entfernt. Wegen seiner so geringen Entfernung vom Pol bleibt seine Lage von der täglichen Bewegung fast unverändert (S. 72), wodurch er den Schiffern sehr wichtig wird. Den Griechen soll Thales zuerst seinen Nutzen bei der Schiffahrt gelehrt haben; nach Humboldt beschiffen die Eingebornen Kolumbiens, in deren Horizont er beinahe ist, ihre Küstenmeere, indem sie fast bloß den Polarstern zum Führer haben.

Auf der anderen Seite des Pols ist die Sternbilder-Familie des alten äthiopischen oder phönicischen Königs Cepheus, der unfern des Pols in orientalischer Kleidung mit Szepter und Krone abgebildet wird; neben ihm sitzt seine Gemalin Kassiopea, die sich aus mütterlicher Eitelkeit die Feindschaft der Nereiden und Neptuns zugezogen hat, und nun ihre Tochter Andromeda, an einen Felsen gefesselt, einem Meerungeheuer, dem Wallfische, preis geben muß. Zu ihren Füßen steht ihr Retter Perseus, der Sohn des Jupiter und der Danae, sie mit gezücktem Schwerte und dem Medusenkopfe vertheidigend. Wahrscheinlich hat das Bild eines Riesen mit gehobenem Schwerte, womit die Sterngruppe des Perseus einige Aehnlichkeit hat, und die Anordnung der Sterne in der Andromeda, worin man mit einiger Einbildungskraft ein liegendes Frauenzimmer erkennen kann, sowohl jene Benennungen als die des Cepheus und der Kassiopea veranlaßt. Statt des Cepheus bildete man auch wol den Nereus ab. Die Araber hatten statt der Kassiopea eine Hirschkuh, und die Perser ein Kameel. Die Sterne, welche jetzt den Perseus bilden, wurden von den Arabern auch wol zum Theil zu denen des Stiers gerechnet.

Das Sternbild des Herkules hat in der That einige Aehnlichkeit mit einem knieenden oder springenden Riesen, worin natürlich jedes Volk seinen Heros sah. Die Chaldäer ihren Nimrod, und die Griechen den Herkules, Orpheus, Theseus, Nessus u. a. Herkules behielt die Oberhand, und es war natürlich daß man den Drachen, der sich um die Bären schlingt, und den die Bibel schon kennt, zur lernäischen Schlange machte, welcher Herkules auf den Kopf tritt, oder zum Hüter der hesperischen Gärten. Cerberus, oder vielmehr die dreiköpfige Schlange, wurde dem Herkules erst von Hevel (1690) in die Hand gegeben. Bayer bildete dafür einen Apfelzweig (1603). Der Pfeil ist bald derjenige, womit Herkules die Juno und den Pluto verwundet, oder womit er den Geier des Prometheus erlegt hat, bald die Waffe womit Apoll die Cyklopen getödtet hat. Statt seiner ist auch eine Stange oder eine Deichsel abgebildet worden.

Ein schönes großes Kreuz wurde bald als Schwan, bald als Storch oder fallender Geier abgebildet, aber immer als Vogel mit ausgebreiteten Schwingen, dem das Sternbild auch nicht unähnlch ist. Es ist bei den Griechen Leda's Schwan, oder der Schwan, in welchen der von den Bacchantinnen zerrissene Orpheus verwandelt wurde.

An die Dichtkunst erinnert auch die Leier mit Wega, dem schönen Sterne erster Größe in der Mitte; sie ist neunsaitig und wird gewöhnlich mit einem Geier abgebildet. Es ist die Lyra des Orpheus oder des Apollo. Man bildete an ihrer Stelle auch wol eine Schildkröte, einen Falken oder einen Geier ab. Auch an diese beiden Sternbilder schließt sich auf eine passende Weise der Delfin als Retter des Arion; nach Einigen ist er indeß ein Symbol des Neptun oder des Triton.

Ein auffallendes Beispiel von der Gewohnheit der Griechen, die durch ihre Aehnlichkeit mit irdischen Gegenständen gebildeten Sterngruppen mit den Mythen zu verflechten, gibt die Krone und der Triangel. Jene, von den Arabern als Schüssel gebildet, wurde bei den Griechen die Krone der Ariadne, welche ihr Gemal Bacchus nach ihrem Tode in den Himmel versetzte, und der Triangel, der seine Benennung offenbar seiner Gestalt verdankt, wurde zur Insel Trinakria (Sicilien), welche Jupiter, auf Ceres Bitte, in den Himmel versetzte, oder zum ägyptischen Delta.

Auf eine unangenehme Weise sticht gegen diese zarten Dichtungen das Haar der Berenice ab, das aus keiner frommen Götterverehrung, sondern aus einer groben Schmeichelei entstanden ist. Die Gemalin des Königs Ptolemäus Philadelphus von Aegypten hatte der Venus ihr schönes Haar gewidmet, wenn ihr Gemal in einem Kriege siegen würde. Er siegte, und das Opfer wurde gebracht; aber die alexandrinischen Astronomen versetzten es in den Himmel, an die Stelle der Spindel, des Bündels Efeu oder der wilden Rose, die früher, oder bei andren Völkern an seiner Stelle gewesen waren. Bei Bayer ist's eine Korngarbe. Noch weniger hätte Antinous, der Günstling des Kaisers Hadrian, den von Jupiters Adler geraubten troischen Fürstensohn Ganymedes aus dem Himmel verdrängen sollen. Jedoch hat Ptolemäus beide eigentlich nur genannt; aufgenommen sind sie erst von Tycho im Jahre 1572. Seinen Bogen und Pfeil hat Antinous von Hevel (1690) empfangen.

Eben so unverdienter Weise ist der englische König Karl II. an den Himmel versetzt worden. Dieses geschah durch Halley (1677) in dem Herzen Karls II., in der Nähe der Jagdhunde. Besser verdient die

Friedrichsehre ihren Platz, den ihr Bode (1787), zu Ehren des eben gestorbenen großen Königs Friedrich II., auf Kosten der Ketten der Andromeda anwies. Dem Astronomen Messier hat Lalande in dem Erntehüter (französisch Messier) ein Denkmal gesetzt. Einen ähnlichen Ursprung haben Herschels Teleskop von Bode (1790), der poniatowskische Stier, zu Ehren eines polnischen Königs, von Poczobut, und der Mauerquadrant von Lalande. Statt der Fliege zeichnen die Franzosen gern die französischen Lilien. Das lappländische Rennthier ist von Le Monnier auf eine nicht unpassende Weise in die Nähe des Nordpols versetzt. Die übrigen neuern Sternbilder der nördlichen Halbkugel haben ihre Benennungen, wie es scheint, einer bloßen Laune des danziger Astronomen Hevel (1690) zu danken.

Einen würdigern Ursprung haben die uns noch übrigen nördlichen Sternbilder der Alten. Der Fuhrmann ist Erichthonius, der schlangenfüßige Sohn des Vulkan und der Erde oder der Minerva, König von Athen, der von Ceres belehrt, sein Volk im Ackerbau unterrichtete. Er wird mit Zaum und Steigbügel abgebildet, aber ohne Schlangenfüße, welches für die zweite Sage spricht, daß er Bellerophon sei. Er trägt eine Ziege, die Amalthea, die Säugerin Jupiters, und ihre beiden Jungen. In früheren Zeiten scheint man ihn allgemein als Hirten abgebildet zu haben. Von der Ziege (Kapella) hat der Stern erster Größe seinen Namen.

Die im Orient allgemein unter dem Bilde eines geflügelten Pferdes abgebildete Sterngruppe machen die Griechen natürlich zum Pegasus. Es wird nur seiner vordern Hälfte nach gezeichnet. Neben ihm ist das Füllen, eigentlich bloß ein Pferdekopf. Die

Griechen deuten es auf ein von Merkur dem Kastor geschenktes Pferd.

Der Schlangenträger endlich wird von den Griechen auf Aeskulap gedeutet; aber auch alle andren griechischen Heroen, die mit Schlangen kämpften, werden damit in Verbindung gebracht, so Jason, Laokoon, Herkules u. a. Im letztern Falle ist es die lernäische Schlange. Die Mauren in Afrika sollen zwar auch eine Schlange haben, statt des Mannes aber einen Kranich.

In der südlichen Halbkugel, oder vielmehr auf dem Aequator glänzt Orion, das schönste Sternbild am Himmel. Die drei dicht neben einander stehenden Sterne zweiter Größe, der Gürtel des Orion, der Jakobsstab oder die drei Könige genannt, machen als eine Hauptzierde des Himmels in den Winterabenden das Sternbild sehr kenntlich. Mit einiger Phantasie — wenigstens nicht mit größerer als es bedarf, um des Abends aus einem Baume einen Riesen zu machen — kann man darin einen mit Schild, Keule und Schwert bewaffneten Jäger erkennen. Die Perser hielten ihn daher für Nimrod, die Griechen für Orion, jenen gewaltigen Jäger, der Diana mit seiner Liebe verfolgte, und dafür entweder von ihr selbst erschossen, oder auf ihren Befehl von einem Skorpion getödtet wurde. Nach Andren wurde er von diesem getödtet, weil er sich gerühmt hatte, alle Ungeheuer von der Erde vertilgen zu wollen. Die Feindschaft dauert, wie die Alten erzählen, sogar noch am Himmel fort, wohin sie beide versetzt worden sind; denn Orion geht auf, wenn der Skorpion untergeht und umgekehrt; sie liegen nämlich an den entgegengesetzten Seiten des Himmels, und sind fast Antipoden auf der Himmelskugel, wenn man sich des Ausdrucks bedienen dürfte.

Der Jäger hat in seiner Nähe den Hasen und den kleinen Hund; indeß deutet man auf diesen alle in der Mythologie bekannten Hunde: den Hund, den Helena auf ihrer Flucht mit Paris verlor; oder den Hund, welcher der Erigone den Tod ihres von den Schäfern in den Brunnen gestürzten Vaters Ikarus verrieth; oder den schnellen Hund, den Aurora dem Jäger Orion schenkte u. a. m.

Die Araber nannten das Sternbild des Orion, wahrscheinlich wegen seiner Lage im Aequator, die Mitte des Himmels. Indeß theilt er diese Ehre mit den Zwillingen, welche jenen Namen wahrscheinlich erlangt haben, weil sie vornehmlich vor den Sternbildern des Thierkreises in den Zenith der arabischen Beobachter kommen können.

Auf ähnliche Weise wie den kleinen Hund deutete man auch den großen Hund; aber Sirius ist ein viel zu ausgezeichnetes Gestirn, als daß er nicht eine Hauptrolle in der astronomischen Mythologie übernehmen sollte. In der That war er in Aegypten ein Bild des hundsköpfigen Gottes Anubis. Sein Aufgang, d. h. die Zeit, wann er wieder in der Morgenröthe sichtbar wurde, nachdem er einige Zeit von der Sonne verdunkelt war, wurde von den Aegyptern sehr genau beobachtet, weil alsdann das Steigen des Nils begann, und veranlaßte dadurch auch eine genauere Bestimmung des Jahres (S. 5). Er mag daher wol bei den Aegyptern als ein Sinnbild jenes Gottes, oder selbst des Nils, der auch Siris hieß, verehrt sein. Bei den Aegyptern und Kopten heißt der Sirius auch Sothes, nach dem schon erwähnten ägyptischen Gotte, oder Heros, oder König, dem man alle Erfindungen zuschrieb (S. 5). Die hohe Achtung welche dieser Stern bei den Aegyptern genoß, gab dem ganzen Sternbilde den Namen des Hundsgestirns, und ver-

drängte wahrscheinlich die Gestalten, unter denen man sich dieses Sternbild bei andren Völkern gedacht haben mochte (S. 381). Nach ihm haben die Hundstage ihren Namen. Die Griechen, nach ihrer Gewohnheit sich alles anzueignen, machten aus dem hundsköpfigen Aegyptergotte einen Jagdhund des Orion, indeß hieß er auch bei den Arabern der Hund des Riesen (Orion).

Sirius und Procyon, die Hauptsterne des großen und des kleinen Hundes, beide von der ersten Größe, werden auch die beiden Sirius genannt. Sie sollen in Syrien sehr verehrt gewesen sein, woher sie nach einigen die syrischen Hunde hießen.

Das große Sternbild in der Nähe der Hunde nannten die seefahrenden Griechen das Schiff der Argonauten; die sich anfangs auf ihre Heerden beschränkenden Araber aber, den fliegenden Wagen. Der Hauptstern Kanopus ist durch eine schöne Fabel mit Orion, Sirius und Procyon verbunden. Kanopus nämlich hatte seine Gemalin, eine Schwester des Orion, getödtet. Aus Furcht vor der Rache desselben entfloh er über die Milchstraße. Die andre Schwester, Procyon, blieb zurück, weinte aber so sehr über die Entfernung ihrer Geschwister, daß ihre Augen trübe wurden. In der That hat Procyon einen weit geringeren Glanz als Sirius.

Die Alexandriner nannten Kanopus ihren Königen zu Ehren den ptolemäischen Stern. Bei uns ist der größte Theil des Schiffes, und in diesem auch Kanopus unsichtbar.

Auf eine ähnliche Weise, wie mit dem Hunde, verhält es sich mit dem südlichen Fische. Es ist die syrische Göttin Derketis oder Atergatis, die als Fisch, oder doch als Weib mit einem Fischschwanze abgebildet wurde. Auch hier verdankt das Sternbild

seine Gestalt der Göttin, der es geweiht war. Es liegt auch in der Natur des Menschen, Gegenstände und Gestalten, die man für heilig zu halten gewohnt ist, auch in schönen großen Sternen am Himmel glänzen zu sehn, und der große Hund, oder der südliche Fisch, wurden von den Aegyptern und Phöniciern gewiß nicht mit geringerer Ehrfurcht betrachtet, als das südliche Kreuz von neueren Seefahrern.

Den Wallfisch, oder vielmehr das Seeungeheuer, dachte man sich auch als Drachen. Daß ihn hebräische Sagen mit Jonah, und griechische mit Andromeda in Verbindung bringen, ist natürlich. Er wird halb als Löwe, halb als Fisch abgebildet.

An dem entgegengesetzten Theile des Himmels sucht der Centaur mit einem Speere den Wolf zu durchbohren. Dieser ist nach der Sage der Griechen Lykaon, der von Jupiter, wegen seiner Verachtung der Götter und seiner Mordlust, in einen Wolf verwandelt wurde. Man bildete hier früher einen Hengst ab, und im Orient einen Panther oder eine Löwinn. Der Centaur, an dessen Stelle die Araber früher einen Palmbaum abgebildet zu haben scheinen, wird von den Griechen auf alle Centauren, Chiron, Nessus u. m. a. bezogen.

Eridanus, der Strom, in welchen sich der unglückliche Phaeton stürzte, nachdem er durch die ungeschickte Lenkung des Sonnenwagens die Welt in Flammen gesetzt hatte, ist nach einigen der Po; bei den Aegyptern der Nil. Er hieß auch wol der Strom des Riesen (Orion), der Ocean u. s. w.

Statt des Altars zeichnete man auch verschiedene Geräthschaften. In der südlichen Krone sahn die Griechen Ixions Rad, die Araber ein Zelt, oder einen Schild.

In einer Gruppe sind die Hyder, der Rabe und der Becher verknüpft. Der Rabe, von Apollo ausgeschickt, um zu einem Opfer des Jupiter Wasser zu holen, verweilte unterweges zu lange auf einem Feigenbaume, und entschuldigte sich bei der Rückkehr, daß er von der Schlange aufgehalten worden sei, die ihn nicht an die Quelle habe lassen wollen. Apollo aber stellte, als er den Ungrund der Beschuldigung erfuhr, den Raben zur Strafe neben den Becher und die Schlange mußte ihm das Trinken verwehren. Den Becher deutete man auch auf alle mythischen Becher, den des Herkules, Apollo, Bacchus u. m. a. Seine Sterne wurden wol zu der Jungfrau oder dem Löwen gezogen. Unter der Schlange dachte man sich auch die lernäische.

In der südlichen Hemisphäre hatten die Neueren einen noch größeren Spielraum zur Einführung neuer Sternbilder. Durch die ersten Seefahrer nach Amerika und Ostindien, man glaubt durch Amerigo Vespucci, wurden folgende 12 Sternbilder eingeführt, die sich meistens auf Erzeugnisse der südlichen Länder oder Meere beziehen: der Indianer, der Tukan, der Schwertfisch (Dorado), der fliegende Fisch, das Chamäleon, der Paradiesvogel, die Biene, der Kranich, der Pfau, der Phönix, die männliche Wasserschlange und das südliche Dreieck.

Die Taube Noa's mit dem Oelzweige, und das schöne südliche Kreuz — das nördliche ist der Schwan — verdanken Royer (1679) ihr Dasein. Halley's Eiche Karls II. (1677) ist das zweite Denkmal dieses elenden Fürsten. Eher verdient noch Johann III. Sobieski, König von Polen, der berühmte Besieger der Türken, das Denkmal, das ihm Hevel (1690) in Sobieski's Schilde gesetzt hat.

Der brandenburgische Szepter rührt von Kirch her, die Georgsharfe, zu Ehren der englischen Könige gleiches Namens von Hell, der Einsiedler, ein indianischer Vogel, auch wol als Eule abgebildet, von Le Monnier, die Katze von Lalande.

Das größte Verdienst um die Beobachtung der südlichen Himmelshalbkugel, hat sich der französische Astronom La Caille durch seine Beobachtungen auf dem Vorgebirge der Guten Hoffnung erworben. Seine Sternbilder führen sämmtlich den Namen wissenschaftlicher Werkzeuge, bis auf den Tafelberg, den er nach seinem Beobachtungsorte benannt hat. Auf ähnliche Weise hat Lalande den Luftball und Bode die Buchdruckerpresse, die Elektrisirmaschine und die Logleine gebildet.

Wir wenden uns nun zu der zwar am wenigsten zahlreichen, aber wichtigsten und berühmtesten Klasse von Sternbildern, zu denen des Thierkreises. Ihre Anzahl ist bei allen Völkern, deren Sternkunde sich auch nur einigermaßen ausgebildet hat, gleich der Anzahl der Monate im Jahre, also 12, so daß die Sonne in jedem Monate etwa ein Zeichen zu durchlaufen scheint. Es gab auch noch eine Eintheilung des Thierkreises in 28 Theile, wovon der Mond täglich einen Theil durchlief, und ebenfalls eine große Rolle in der Astronomie spielte — man nannte beide die Palläste der Sonne und des Mondes —; wir beschränken uns jedoch auf die erste Eintheilung.

Wenn wir jetzt eine Himmelskarte oder einen Himmelsglobus betrachten, so sehn wir, daß sich der Aequator und die Ekliptik in der Jungfrau und in den Fischen durchschneiden. So war es aber, wie wir wissen, nicht immer, sondern vermöge der Bewegung der Nachtgleichen (S. 148.) rücken diese

Punkte jährlich 50″1 der Ordnung der Zeichen entgegen, so daß sie nach etwa 2160 Jahren um den 12ten Theil oder ein ganzes Zeichen zurückgewichen sind. Wenn wir daher eine Himmelskugel oder einen Thierkreis vor uns sehen, worin die Punkte der Nachtgleichen von den unsrigen verschieden sind, und wir haben uns überzeugt, daß die Zeichnung nicht ein Werk des Zufalls oder die Folge von Ungenauigkeit ist, sondern auf Beobachtungen beruht, so können wir leicht auf die Zeit schließen, in welcher sie verfertigt worden sind. Die Nachtgleichenpunkte seien z. B. 40° von den unsrigen verschieden; da dieses vor etwa 2880 Jahren oder 1050 Jahre vor Christi Geburt statt fand, so paßt der Thierkreis nur auf diese Zeit. Auf die Verfertigung desselben läßt sich indeß aus dieser Betrachtung allein nicht mit Sicherheit schließen, da er ja einem ältern nachgeahmt sein kann. Gewöhnlich sind überdieß die Punkte der Nachtgleichen nicht deutlich angegeben, und lassen sich nur durch Vermuthungen bestimmen. Zur Entscheidung über die Erbauungszeit eines Thierkreises — in dem Lande der Pyramiden sind auch Thierkreise gigantisch — gehören daher nicht nur historische und antiquarische Untersuchungen, wie bei andren Ueberresten der Vorzeit, sondern auch astronomische. Diese kleine Abschweifung sei uns vergönnt, da gewiß viele meiner Zuhörer, die von dem Streite über den berühmten Thierkreis von Tentyra gehört haben, sich verwundern, theils wie ein solcher Streit überhaupt entschieden werden kann, theils wie er trotz der Bemühungen so vieler ausgezeichneten Männer noch nicht entschieden ist.

Die Alten bestimmten häufig die Jahreszeit nach dem Auf- oder Untergange eines Gestirns. Es sind dieses nicht die täglichen, denn alle Sterne gehen je-

den Tag auf und unter, sondern sie beziehn sich auf den Lauf der Sonne und werden, weil sich ihrer vorzüglich die Dichter bedient haben, der poetische Auf- und Untergang der Gestirne genannt. Aber unter dieser Bezeichnung werden drei verschiedene Zeiten verstanden.

1. Der kosmische Auf- und Untergang eines Sterns ist die Zeit, wann ein Stern auf- oder untergeht, während die Sonne aufgeht. In jenem Falle ist der Stern unsichtbar und kann daher nicht wol zur Bezeichnung der Feldarbeiten gebraucht werden; in diesem Falle dagegen glänzt er die ganze Nacht oder doch den größten Theil derselben am Himmel.

2. Den Auf- oder Untergang eines Sterns, der zu gleicher Zeit mit dem Untergange der Sonne statt findet, nennt man akronyktisch. Für Sterne der Ekliptik ist der akronyktische Untergang mit dem kosmischen Aufgange und der akronyktische Aufgang mit dem kosmischen Untergange gleichzeitig, für die übrigen Sterne dagegen sind alle 4 Zeitpunkte verschieden.

3. Am meisten wurden wol die heliakischen Auf- und Untergänge von den Alten zur Bestimmung der Zeiten für die Beschäftigung des Ackerbaues und der Schiffahrt gebraucht. Ein Stern erster Größe wird nämlich von den Stralen der Sonne verdunkelt, wenn diese weniger als ungefähr 10° unter dem Horizonte ist. Sobald sich daher die Sonne auf ihrer jährlichen Bahn dem Sterne so weit genähert hat, daß sie nur noch 10° unter dem westlichen Horizonte ist, wenn der Stern untergeht, so wird dieser unsichtbar und bleibt es, bis sich die Sonne wieder so weit nach Osten entfernt hat, daß sie 10° unter dem östlichen Horizonte ist, wenn der Stern aufgeht. Jener Zeitpunkt ist der heliakische Untergang,

dieser der heliakische Aufgang. Bei kleineren Sternen ist die Entfernung größer, so daß die Sonne 18° unter dem Horizonte sein muß, wenn alle Sterne sichtbar sein sollen (vergl. S. 124.). Wird nicht von einzelnen Sternen, sondern von einem ganzen Sternbilde die Zeit gesucht, daß es im Westen von der Sonne verdunkelt zu werden anfängt, bis auch sein östliches Ende wieder ganz sichtbar wird, so ist der Zwischenraum natürlich noch größer.

Mit Hilfe einer künstlichen Himmelskugel können alle diese Zeiten für irgend einen Ort leicht gefunden werden. So findet man z. B. für die Zeitpunkte der kosmischen, akronyktischen und heliakischen Aufgänge des Sirius, in Leipzig den 8. August, 8. Februar und 23. August; für die Untergänge den 17. November, 17. Mai und 27. April. So bedeutend ist der Unterschied zwischen diesen Aufgängen und Untergängen, die noch überdieß für die verschiedenen geographischen Breiten, ja sogar, wegen der Bewegung der Nachtgleichen, für verschiedene Jahrhunderte veränderlich sind.

Man würde indeß dennoch aus den Sternen, die zu irgend einer Zeit auf- und untergingen, auf die Jahreszeit schließen können, besonders da der heliakische Aufgang, wie es scheint, am meisten beobachtet worden ist — so sehen wir es z. B. (S. 5.) bei dem Sirius — wenn nicht die Dichter leichtsinnig, ohne selbst zu beobachten, oder vielleicht ohne einen richtigen Begriff von diesen Aufgängen zu haben, von einander abgeschrieben, und was verschiedenen Zeiten und Ländern angehörte unter einander geworfen hätten.

Bei einer solchen Verwirrung und Ungewißheit kann es nicht befremden, daß man in den Sternbildern des Thierkreises bald eine Beziehung auf das Klima Aegytens, bald auf die Kli-

mate Chaldäa's, Baktriens, oder Indiens zu sehen glaubte; daß ihre Bildung bald einige Jahrhunderte, bald Jahrtausende vor Christus statt gefunden haben soll.

Die Sternbilder des Thierkreises, die eine sehr große Rolle im Kalender und in der Astrologie spielten, waren viel mehr verbreitet und weit weniger Abweichungen unterworfen als die übrigen. Ihre gegenwärtige Verbreitung über die ganze Erde verdanken sie vornehmlich den Werken der alexandrinischen Astronomen, die sie zuerst in dem ungeheuren römischen Reiche, dann bei allen Völkern, welche sich die Araber unterwarfen, und zuletzt bei den Neu-Europäern eingeführt haben, die sie nun mit ihrer Religion und ihren Kenntnissen über die ganze Erde verbreiten. Die altägyptischen und hindostanischen sind jedoch bedeutend von den unsrigen verschieden, und die Chinesen, welche in allen übrigen Rücksichten von den östlichen Völkern abweichen, haben zwar auch den Thierkreis in Sternbilder getheilt, die aber ganz andre Namen führen. Es sind folgende:

Maus, Rind, Tiger, Hase, Drache, Schlange,
Pferd, Schaf, Affe, Huhn, Hund, Eber.

Lauter Namen von Thieren, die den Chinesen sehr bekannt sind, aber beinahe keine Spur von dem poetischen und märchenhaften der unsrigen, wie es freilich bei einem so praktischen Volke, wie die Chinesen sind, zu erwarten war.

Man hat schon im Alterthume die 12 Zeichen mit den 12 Arbeiten des Herkules verglichen. Es ist zwar möglich, daß die Anzahl der letztern in einiger Beziehung auf jene stehe, allein diese Untersuchung ist unsrem Plane fremd. Jetzt deutet man gewöhnlich die 12 Zeichen auf Gegenstände des Ackerbaues. Am besten paßt alsdann die jetzige Anordnung auf das Klima von Chaldäa, wo sie 1000 —

2000 Jahre vor Christus eingeführt sein kann. Die drei Frühlingszeichen — statt der Zwillinge ein Paar Ziegen — deuten auf die Wurfzeit der Schafe, Kühe und Ziegen; der Krebs ist kein unpassendes Bild für die zurückkehrende, wie der Steinbock für die wieder heraufsteigende Sonne. Die Jungfrau mit der Garbe und die Wage weisen ziemlich deutlich auf die Zeit der Ernte und der Tag- und Nachtgleiche. Der Wassermann und die Fische beziehen sich auf die Regenzeit. Auch läßt sich der Löwe leicht durch die Sonnenhitze, der Skorpion durch die um die Jahreszeit herrschenden Seuchen und der Schütze durch die im December beginnende Jagd erklären.

Nach Andren beziehen sich die Zeichen auf die Jahreszeiten, in welchen sie vor etwa 4000 Jahren des Abends wieder sichtbar wurden; dann passen sie wieder gut auf Aegypten, wo die Sonne damals in der Sommersonnenwende im Löwen stand. Das Gestirn des Thierkreises, das um diese Zeit in der Nacht am Himmel glänzte, wurde halb Steinbock halb Fisch, theils wegen des hohen Standes der Sonne, theils wegen der beginnenden Ueberschwemmung des Nils. Der Wassermann und die Fische zeigen die Ueberschwemmung in ihrer größten Stärke. Der Nil beginnt nämlich um die Mitte des Juni zu steigen, steigt 46 Tage, fällt dann eben so lange, bis er wieder seinen niedrigen Stand um die Mitte Septembers erreicht hat. Die drei folgenden Zeichen deuten auf die Viehzucht und den Ackerbau. Die wieder beginnende Hitze im Januar, die Ernte im Februar, die Gleichheit der Tage und Nächte im März, die Krankheiten im April und die aus Aethiopien kommenden Stürme im Mai konnten durch den Löwen, die Jungfrau, die Wage u. s. f. bezeichnet werden. Wie sehr hier

alles schwankend ist haben wir schon oben angedeutet, und was wir von den einzelnen Sternbildern sagen werden, bestätigt dieses noch mehr.

Der Widder ist der ägyptische oder libysche Gott Ammon, von den Griechen Zeus Ammon genannt, oder auch der goldne Träger des Phryxus und der Helle.

Ein sehr kenntliches Gestirn ist der Stier, sonst ganz gezeichnet, indem noch ein Theil des Perseus zu ihm gerechnet wurde, jetzt nur dem Vordertheile nach. Es ist die ägyptische Göttin Isis, der Stier, unter dessen Gestalt Jupiter die Europa entführt hat; er heißt auch das Gestirn der Venus. Sein rechtes Auge ist der Stern erster Größe Aldebaran, der, mit den andren nahen kleineren Sternen verbunden, einer römischen V ähnlich ist. Diese kleine Gruppe wurde von den Griechen die Hyaden genannt, weil bei ihnen oder dem Volke, von dem sie diesen Namen aufnahmen, die Regenzeit bei dem heliakischen Aufgange dieser Gestirne begann. Bei den Römern hießen sie die Sau mit den Ferkeln, vielleicht nur durch eine falsche Uebersetzung, denn das Wort Hyaden hat im Griechischen Aehnlichkeit mit dem Ausdrucke für das Schwein.

Westlich von den Hyaden ist im Stier ein Haufe kleiner Sterne, das Siebengestirn. Man nannte sie auch die Hesperiden, Töchter des Atlas. Homer kannte hier nur 6 Sterne; da bald nach ihm 7 gezählt wurden, so sagte man, daß der siebente, Elektra, erst nach Troja's Brande erschienen sei. Nachher kamen Atlas und seine Gemahlin Plejone hinzu, so daß die 9 Hauptsterne des Siebengestirns nach Atlas und seiner Familie benannt sind, indeß sind jetzt darin nur sechs von der 5ten bis 6ten Größe sichtbar, der siebte soll »mit fliegenden Haaren« davon ge-

gangen sein, d. h. wahrscheinlich als Komet, welches ohne Zweifel auf einer Täuschung beruht. Sehr verbreitet bei den Arabern und Deutschen ist die Benennung das Huhn und die Küchlein, weil ein Stern dritter Größe, Alcyone, von kleinern umgeben ist. Der griechische Name, die Plejaden, der ursprünglich wol nur viele Sterne bedeutet, wurde nachher durch eine andre Ableitung Schiffersterne übersetzt, weil die Meerschiffahrt bei den Griechen begann, wenn sie in der Morgendämmerung wieder sichtbar wurden.

Die Zwillinge haben ihren Namen offenbar von den paarweise gestellten Sternen. Bei den Griechen waren es Kastor und Pollux, Apollo und Herkules, Theseus und Pirithous u. a. m. Die neuern griechischen Dichter beziehn sie fast nur auf Kastor und Pollux. Bei den Orientalen waren hier früher ein Paar Ziegen, und bei den Aegyptern ein Jüngling und ein Mädchen, welche sich die Hände reichten. Vielleicht ein Symbol der sich wieder verjüngenden und schaffenden Natur.

Der Krebs ist vielleicht bloß aus einem Irrthume entstanden. Die Aegypter zeichneten hier den ihnen heiligen Skarabäus, eine den Griechen unbekannte Käferart, die sie für einen Taschenkrebs hielten. Ein berühmter Astronom heiligte vielleicht durch die Annahme dieser Benennung den Irrthum, so daß man ihn späterhin nicht zu verbessern wagte. Aber Schade um die schöne Deutung auf das Rückwärtsgehn der Sonne, sowohl in der Sommer-, als in der Wintersonnenwende! denn der Skarabäus geht nicht rückwärts. Der Krebs hat nach den griechischen Fabeln seinen Ehrenplatz erworben, weil er die von Jupiter verfolgte Nymphe Garamantis durch sein Kneipen aufhielt, oder auch

weil er dem Herkules im Kampfe mit der lernäischen Schlange hinderlich war. Er wurde zwar von ihm zertreten, aber von Juno unter die Sterne versetzt.

Ein kleiner Sternhaufen im Krebs heißt die Krippe (Praesepe); ihr Ursprung ist unbekannt, aber sie gab Veranlassung daß zwei einzeln stehende Sterne 4ter Größe in der Nähe die beiden Esel benannt wurden.

Der Löwe wurde bald auf Hitze, bald auf Seuchen, bald, wegen seines gelben Haares, auf die Reife der Früchte gedeutet. Er ist bei den Griechen natürlich der nemäische Löwe.

Die Jungfrau war bald die ägyptische Göttin Isis, bald die syrische Atergatis, bald Ceres, Fortuna, die Friedensgöttin, Themis u. a. Auch bei den Arabern war hier eine Jungfrau mit einer Garbe. Die Flügel sind ihr erst später beigelegt. Es ist nach Einigen Erigone, die sich ihrem von den Schäfern (S. 392.) getödteten Vater Ikarus in den Brunnen nachstürzte. Der schöne Stern erster Größe hat seinen Namen von der Garbe (spica, die Aehre); der Stern Vindemiatrix (Weinleserin), weil er zur Zeit der Weinlese aufging.

Die Wage machte früher die Scheeren des Skorpions aus. Sie scheint ein Erzeugniß der Astronomen zu sein, die sie geradezu wegen der Gleichheit der Tage und Nächte benannten. Man fügte ihr auch wol den Mochos bei, den Erfinder von Wage und Gewicht. Nach Andren ist's die Wage der Asträa, die, seitdem die Göttin die Erde verlassen hat, am Himmel glänzt.

Der Skorpion ist ein schönes Bild für die Seuchen und verderblichen Winde, die in manchen Jahreszeiten wüthen. Er wird auch in den Mythus von Orion verwickelt (S 397.).

Der Schütz, ein Centaur mit Bogen und Pfeil, der sich dadurch von dem eigentlichen, nicht sehr weit entfernten und mit einem Speer bewaffneten Centauren unterscheidet. Auch auf ihn werden die verschiedenen Centauren der griechischen Mythologie bezogen. Die Orientalen bildeten ihn als Jäger mit Bogen und Pfeil ab, und nannten das Sternbild auch wol nur den Bogen.

Der Steinbock ist, wie mehrere andre Sternbilder, sphynxartig, halb Gemse, halb Fisch. Sein Fischschwanz erinnert an die folgenden beiden Zeichen. Bei den Griechen ist's Amalthea, von ihrem Pflegling Jupiter an den Himmel versetzt, oder es ist Pan, der sich auf der Flucht vor dem Ungeheuer Typhon in ein ähnliches Wesen verwandelt hat.

Der Wassermann, bei den Orientalen das Wassergefäß, ein Wasser ausgießender Gott, ist das deutlichste Symbol am ganzen Himmel, und darf nicht, wie der Löwe, fürchten auf die verschiedensten Arten gedeutet zu werden. Daß übrigens die Griechen ihn für den aus der allgemeinen Ueberschwemmung geretteten Deukalion, oder den Mundschenken der Götter Ganymed erklärten, darf uns nicht stören.

Die Fische, zwei durch ein breites Band an ihrem Schwanze zusammenhängende Fische. Auf den ägyptischen Thierkreisen waren es zwei Arten Nilfische. Man deutet sie auf die syrischen Fischgötter, und deshalb auch auf Venus und Adonis, eine syrische Mythe, die in Griechenland auf Kosten der tiefen Symbolik zu einer lieblichen Dichtersage geworden ist.

Hilfsmittel, den Sternhimmel kennen zu lernen.

Ehe wir zu den Eigenschaften der einzelnen Sterne übergehn können, müssen wir uns erst mit ihrer Lage am Himmel bekannt gemacht haben, wie wir

uns auch auf der Erde erst eine Uebersicht aller Länder verschaffen müssen, ehe wir die Eigenthümlichkeiten der einzelnen Gebiete untersuchen können. Aber so schwer die übrigen Theile der Astronomie sind, so leicht ist dieser, und dieß ist vielleicht auch der Grund, daß in diesem Stücke die rohen Völker und Menschen die gebildeten weit übertreffen. Während die Schäfer und Hirten des Alterthums und der neuern Zeit die ihnen fast jede Nacht offenen Gebiete des Himmels eben so genau kannten, als das Land, welches sie bewohnten, ist's eine Auszeichnung des gebildeten Theils der Nationen, daß sie, während zahllose weniger anziehende und schwierigere Gegenstände ihre Aufmerksamkeit fesseln und sie vielleicht in fremde Länder wandern, um Naturschönheiten zu sehn, den schönsten Anblick, den ihnen die Natur darbieten kann, den gestirnten Himmel, vernachlässigen, und wenn er sich ihnen mit voller Pracht zeigt, ihn nur darum eines Blickes würdigen, weil er ihnen für ihre übrigen Beschäftigungen eine heitere Luft verspricht. Und wie leicht ist es, die wenigen Namen und Gruppen seinem Gedächtnisse einzuprägen und wie zahlreich sind die Hilfsmittel dazu!

Am zweckmäßigsten sind große Hohlkugeln, in deren Innerem die Sterne genau gezeichnet sind. Sind sie groß genug, daß man sie von ihrem Mittelpunkte aus betrachten kann, und können sie durch ein Räderwerk um eine Achse gedreht werden, so geben sie uns ein sehr treues Bild der Himmelserscheinungen wieder. Solche Werkzeuge sind auch in verschiedenen Zeiten und Ländern verfertigt werden, allein die Schwierigkeit und die Kosten, die ihre Verfertigung verursacht, so wie die Leichtigkeit denselben Zweck auf eine einfachere Weise zu erreichen, stand ihrer Verbreitung entgegen.

Viel bequemer ist die Verfertigung und der Gebrauch der Himmelsgloben, die auf eine ähnliche Weise eingerichtet sind, wie die Erdkugeln. Man bezeichnet nämlich zwei entgegengesetzte Punkte an der Kugel, zieht zwischen ihnen den Aequator und trägt nun die Sterne nach ihrer Abweichung und geraden Aufsteigung, die Ekliptik, die Wende- und Polarkreise nebst Abweichungs- und Mittagskreisen auf. Man sieht hierbei freilich die Sterne nicht ganz in derselben Lage wie am Sternhimmel, oder in der Hohlkugel, sondern was hier rechts ist, ist dort links und umgekehrt, welches besonders merklich ist, wenn man nicht nur die einzelnen Sterne, sondern auch die Bilder zeichnet, unter welchen sie vorgestellt werden; wenn z. B. Herkules uns das Gesicht, und Andromeda die linke Seite zukehrt, so müßte uns eigentlich hier jener den Rücken, und diese die rechte Seite zuwenden; Es wird jedoch in diesem, freilich auch unwesentlichen Punkte, keine große Genauigkeit beobachtet.

Die Kugel wird auch noch zu andren nützlichen Zwecken gebraucht. Man umgibt sie gewöhnlich mit einem durch die Pole gehenden, unbeweglichen Kreise, dem Meridiane, unter den die um ihre Achse bewegliche Kugel nach und nach alle ihre Theile bringen kann. Auf diese Weise kann der Unterschied in der geraden Aufsteigung der Sterne leicht gefunden werden. Bezeichnet man nämlich den Punkt des Aequators, in welchem er von dem Meridiane getroffen wird, indem dieser durch den einen Stern geht, dreht darauf die Kugel so lange um ihre Achse, bis der andre Stern durch den Meridian geht, und bezeichnet auch hier den Punkt des Aequators, so gibt der Unterschied in der Lage beider Punkte unmittelbar den Bogen zwischen beiden Sternen. Aus diesem läßt sich leicht die Zeit berechnen, die zwischen der Kulmina-

tion beider Sterne verfließt. (Vergl. S. 72 — 80.). Dieser Zweck wird auch noch durch eine kleine um den Nordpol angebrachte Scheibe erleichtert, an welcher man unmittelbar den Stundenwinkel (S. 81.) ablesen kann. Wünscht man den Unterschied in der geraden Aufsteigung eines Sterns von der Sonne an irgend einem Tage im Jahre zu wissen, so suche man erst den Punkt der Ekliptik, in welchem sich die Sonne um diese Zeit befindet, und verfahre dann, wie vorhin. Auf diese Weise kann man auch die Tageszeit finden, an welcher ein Stern durch den Meridian geht. Ob diese vor oder nach Mittag, und der Stern westlich oder östlich von der Sonne ist, hängt davon ab, ob man den Bogen am Aequator von Osten nach Westen, oder von Westen nach Osten gezählt hat.

Die Kugel ruht gewöhnlich zur Hälfte auf einem kreisförmigen Gestelle, welches den Horizont vorstellt, so daß dessen Mittelpunkt auch derjenige der Kugel ist. Man gibt ihr eine solche Lage, daß ihr Pol in einem eben so großen Bogen über dem Horizonte steht, als die Polhöhe an dem Beobachtungsorte beträgt, also in Berlin etwa $52^1/_2{}^\circ$. So erlangt man durch Umdrehen der Kugel um ihre Achse ein sehr treues Bild der Erscheinungen des Auf- und Unterganges der Sterne. Will man z. B. die Zeit wissen, um welche ein Stern in Berlin früher aufgeht, als ein andrer durch den Meridian geht, so stelle man die Pole der Kugel zuerst in diejenige Lage zum Horizont, welche die Himmelspole in Berlin haben, und lasse sie in dieser Stellung unbeweglich, drehe dann die Kugel so, daß der eine Stern im Meridiane steht, und dann wiederum nach der Ordnung der Zeichen bis der andre Stern im Horizonte ist. Der Bogen zwischen den Durchschnittspunkten des Meridians und des Aequators, der durch die kleine oben erwähnte

Scheibe gefunden wird, gibt die Anzahl der zwischen beiden Erscheinungen verflossenen Zeit. Nimmt man statt des ersten der beiden Sterne die Sonne, so findet man die Zeit des Auf- und Untergangs der Sterne. Man sieht, daß durch diese Himmelskugel eine große Anzahl der den Auf- und Untergang der Sonne und der Gestirne, die Dauer des Tages und ähnliche Gegenstände betreffenden Fragen beantwortet werden können, und sie daher die Quelle einer eben so angenehmen, als nützlichen Unterhaltung ist. Auch braucht sie keinesweges groß zu sein; denn eine Kugel von 1 Fuß Durchmesser gewährt, bei ungleich weniger Kosten und größerer Bequemlichkeit, fast eben so viel Vergnügen und Nutzen, als eine von doppeltem Durchmesser.

Das einfachste Mittel aber, um, in Ermangelung mündlichen Unterrichts, den Himmel kennen zu lernen, und demjenigen ähnlich, durch welches wir die Erdoberfläche kennen lernen müssen, sind die Himmelskarten. Zwar kann man keine Kugeloberfläche genau auf Ebenen abzeichnen; allein durch verschiedene Einrichtungen hat man den Ueberblick, welchen die Karten gewähren, der Wahrheit ähnlicher zu machen versucht. Wie in der Geographie hat man auch hier Generalkarten, die den ganzen Himmel in 2, 4 oder 6 Blättern enthalten, und Specialkarten, worauf einzelne Sternbilder gezeichnet sind. Bayer (1603), Hevel (1690), Flamstead (1729), Bode und Harding haben die vollständigsten Himmelsatlasse geliefert.

Um den Gebrauch unsrer Karte deutlicher angeben zu können, müssen wir uns noch einiger Himmelserscheinungen erinnern.

Der Pol ändert seine Lage über dem Horizonte gar nicht; die Sterne ändern diese zwar, behalten aber ihre Lage zum Pole bei. Da er etwa 52° über unserm Horizonte steht, so werden alle

Sternbilder, die keine 52° von ihm entfernt sind, bei uns niemals untergehn. Zu diesen gehören die beiden Bären, der Drache, Cepheus, Kassiopea u. a. Diese Sternbilder, die wir in jeder heitern Nacht vor Augen haben, sind also leicht zu lernen, und an sie können dann die übrigen, nach und nach erscheinenden, angereiht werden. Auch Perseus, der Fuhrmann, Andromeda, der Schwan und Herkules bleiben größtentheils über dem Horizonte, dagegen geht ein gleich großer Theil des Himmels um den Südpol bei uns nicht auf. Der übrige Theil des Himmels geht täglich auf und täglich unter, und der 38° vom Nordpol oder 52° nördlich vom Aequator entfernte Kreis rückt jede 24 Stunden nach und nach durch unsren Zenith. Der Fixsternhimmel würde also, wenn die Sonne nicht durch ihren Glanz die Sterne verdunkelte, uns jeden Tag dasselbe Schauspiel gewähren, und sich uns in 24 St. in allen möglichen Gestalten zeigen, deren er fähig ist (wobei freilich auf die kleinen durch die Präcession, Nutation und dergl. verursachten Störungen keine Rücksicht genommen ist): allein durch den Lauf der Sonne treten die Gestalten zu verschiedenen Zeiten des Tages ein, und nur diejenigen, bei denen die Sonne weit genug unter unsrem Horizonte ist, sind uns sichtbar; daher können wir nicht jeden Anblick des Himmels in allen Jahreszeiten beobachten.

Die Sterne bewegen sich von Osten nach Westen über uns, so daß z. B. die Sternbilder des Thierkreises nach der Reihe über uns wegziehen; auf die Zwillinge folgt der Krebs, auf diesen der Löwe u. s. f. Da ihrer 12 und im Tage 24 Stunden sind, so wird jedes folgende Zeichen immer ungefähr 2 Stunden später aufgehn, kulminiren und untergehn. Nun legt aber die Sonne in diesen Sternbildern täglich etwa

1°, oder monatlich im Durchschnitte ein Sternbild zurück, und zwar ebenfalls nach der Ordnung der Zeichen; wenn also z. B. vor einem Monate etwa um Mitternacht die Zwillinge eine gewisse Lage zur Sonne und am Himmel hatten, so hat sie jetzt der Krebs, und wieder in einem Monate wird sie der Löwe haben; die Zwillinge dagegen haben diese Lage jetzt 2 Stunden, und im zukünftigen Monate 4 Stunden vor Mitternacht. Nach diesen Grundzügen ist folgende Tabelle eingerichtet.

Januar	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2
Februar	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2	24
März	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2	24	22
April	18	16	14	12	10	8	6	4	2	24	22	20
Mai	16	14	12	10	8	6	4	2	24	22	20	18
Juni	14	12	10	8	6	4	2	24	22	20	18	16
Juli	12	10	8	6	4	2	24	22	20	18	16	14
Auguſt	10	8	6	4	2	24	22	20	18	16	14	12
September	8	6	4	2	24	22	20	18	16	14	12	10
Oktober	6	4	2	24	22	20	18	16	14	12	10	8
November	4	2	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6
December	2	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4

Der Gleichförmigkeit willen sind wir in dieser Tabelle der Sitte der Astronomen gefolgt, die Stunden von 1 bis 24 zu zählen. Nimmt man etwa Mittag als Anfang des Tages an, so bedeutet 12 Mitternacht; 14, 2 Uhr nach Mitternacht; 22, 10 Uhr Morgens; 24 Mittag. Die senkrechten Rubriken bedeuten immer, daß in den angegebenen Tagesstunden der Himmel an gleichen Monatstagen denselben Anblick gewährt. So ist z. B. der Fixsternhimmel den 1sten August im Anfange aller Monate in der angegebenen Stunde sichtbar, also im Winter am Tage, mithin gar nicht, und im Sommer in der Nacht. Da aber alsdann die Dämmerung die Beobachtung hindert, so bleibt nur eine kurze Zeit übrig, um den ganzen Sternhimmel, so wie er sich den 1sten August Abends 10 Uhr zeigt, kennen zu lernen. Die einzelnen Sternbilder sind jedoch auch zu andren Zeiten sichtbar.

Unsre Karte gibt nun den Anblick des Himmels für jeden Tag im Jahre etwa $10^1/_2$ Uhr Abends *), und es ist immer der dem Namen des Monats und des Tages anstoßende Theil bis etwa 50° über den Nordpol hinaus sichtbar; der entgegengesetzte Theil der Karte enthält dagegen die uns alsdann nicht sichtbaren Sterne. Den 15sten September 10 Uhr Abends sieht man z. B. die Milchstraße im Scheitel, und in ihr die schönen Sternbilder, den Adler, den Schwan, Kassiopea, Perseus, den Fuhrmann u. a.; rechts von der Milchstraße den Schlangenträger, die Leier, Herkules, die Krone, Bootes u. a., worunter sich mehrere Sterne erster Größe befinden; links neben der

---

*) Statt 10 Uhr, wie auf der Karte steht, müßte es also eigentlich $10^1/_2$ heißen, und statt Europa, nördlich von 50° nördlicher Breite.

Milchstraße glänzen unter andren Andromeda, Pegasus und der Stier. Im Meridiane sind der Wassermann, Pegasus, wozu noch die jeden Abend sichtbaren Sternbilder der Bären, des Drachen u. s. w. kommen. Indem man abwechselnd die Karte und den Himmel betrachtet, zuerst den Polarstern, den man mittelst der zwei ersten Sterne des großen Bären leicht finden kann (S. 392.) aufsucht, und dann die ebenfalls bald zu erkennende Milchstraße, so kann man leicht die Lage aller sichtbaren Sternbilder kennen lernen.

Unsre Karte, welche die dem bloßen Auge sichtbaren Sterne vom Nordpol bis zu 40° südlicher Abweichung enthält, kann in allen Orten der ganzen Erde gebraucht werden, deren Breite nicht viel unter 50° ist, also, da es auf einige Grade nicht ankommt, in ganz Deutschland.

Neunzehnte Vorlesung.

Die Entfernungen, Bewegungen und Veränderungen der Fixsterne.

Bis jetzt haben wir den Fixsternhimmel ganz im Sinne der alten Völker behandelt. Wir befanden uns im Mittelpunkte einer Kugel, auf deren innerer Oberfläche sich etwa 7000 leuchtende Punkte von sehr verschiedener Größe befanden, die größten haben wir

Sterne erster Größe genannt, aber auch die 5 bis 6 folgenden Klassen sind dem unbewaffneten Auge sichtbar. Zwischen diesen befindet sich eine zahllose Menge kleinerer, die nur durch Fernröhre zu erkennen sind. Die benachbarten Sterne hat man in Gruppen abgetheilt und sich so an diese gewöhnt, daß man sich den Sternhimmel kaum ohne jene Riesen und Drachen, Hunde und Bären denken kann. Aber diese Eintheilung beruht darum nicht minder bloß auf Willkür nnd ist nur deshalb nicht gänzlich zu verwerfen, weil sie unsrem Gedächtnisse die Kenntniß der Lage der einzelnen Sterne erleichtert.

Die Erfahrung, daß die Körper des Sonnensystems sich in verschiedenen Entfernungen von uns befinden, machte schon bei den alten Astronomen den Wunsch rege, auch diejenigen der Fixsterne kennen zu lernen. Allein da selbst jene nur mit Mühe, und bis auf die neueren Zeiten nur sehr ungenau, gefunden werden konnten, so durfte man bei den Fixsternen noch weniger Genauigkeit erwarten, und das einzige Ergebniß der Beobachtung war, daß, weil sich niemals ein Fixstern zwischen uns und einen Körper des Sonnensystems stellte, sie noch weiter von uns entfernt sein müßten, als diese. Daß der Fixsternhimmel in allen Jahreszeiten und allen Erdtheilen dieselben Erscheinungen darbot (so weit sie nämlich von der Atmosphäre und Oberfläche der Erde unabhängig waren), befremdete die Alten nicht, da die Erde nach ihrer Ansicht völlig unbeweglich in der Mitte der Himmelskugel stand, und die Achsendrehung der letztern in der gegenseitigen Lage der Gestirne nichts änderte. Aber seitdem Kopernikus gezeigt hatte, daß die Erde jährlich einen Kreis durchläuft, dessen Durchmesser, wie man späterhin fand, etwa 42 Millionen Meilen beträgt, durfte man hoffen, daß dieses eine Aen-

derung in der Lage der Sterne hervorbringen würde.

Ein Stern befinde sich in der Ebene der Ekliptik, in S (Fig. 19.); E sei die Sonne und der um sie beschriebene Kreis die Bahn der Erde; GF sei ein Stück des größten Kreises an der Himmelskugel, welcher der Ekliptik entspricht, dessen Entfernung von der Erde man sich aber unendlich groß denken muß. Befindet sich die Erde in A, daß also der Stern mit der Sonne in Konjunktion ist, so wird er in s gesehen. Sobald sich die Erde nach B bewegt, wo der Stern sich in der ersten Quadratur befindet (S. 98.), so wird er nicht mehr in s, sondern in b gesehn, also östlicher als früher, und seine Länge ist jetzt größer. Jemehr sich die Erde dem Punkte C oder der Opposition nähert, desto mehr nimmt die Länge des Sternes wieder ab, so daß er, wenn die Erde in C ist, wiederum in s gesehn wird; wenn aber die Erde in D oder der zweiten Quadratur angelangt ist, so wird er westlich von s, in d gesehen, und seine Länge ist kleiner. Die Sterne scheinen daher immer um ihre mittlere Lage, welche in den Konjunktionen und Oppositionen eintritt, hin und her zu schwanken. Diese Eigenschaft erstreckt sich auf alle Sterne, nur daß bei denjenigen, welche nicht in der Ebene der Ekliptik sind, auch noch ein Unterschied in der Breite eintritt. Die Sterne scheinen nämlich in ihren Oppositionen mit der Sonne höher zu stehn, und also eine größere Breite zu haben als in den Konjunktionen. Der Winkel BSA, um welchen die Richtungen, in denen der Stern gesehn worden ist, verschieden sein können, oder die Parallaxe des Sterns (S. 53.) ist dem Winkel gleich, unter welchem der Durchmesser der Erdbahn, d. h. ungefähr 42 Mill. Meilen, von dem Sterne aus gesehen werden müßte. Je größer die Entfernung der Sterne ist, desto

kleiner sind die Winkel; aber sie sind so klein, daß bis jetzt bei keinem Fixsterne mit Sicherheit eine Parallaxe entdeckt worden ist.

Bradley's Versuche haben wir schon angeführt. Zwar machte er zwei andre köstliche Entdeckungen, die Nutation und Aberration (S. 151, 158.); allein der eigentliche Zweck seiner Arbeit, die Auffindung der Parallaxe, mißlang, und er konnte als Ergebniß seiner Beobachtungen nur anführen, daß sie kleiner als eine Sekunde sein müsse, weil er sie sonst gefunden haben würde, woraus durch eine leichte Berechnung folgt, daß die Entfernung mehr als 400000 mal so groß, als die Entfernung der Erde von der Sonne oder die Erdweite, also größer als 8 Billionen Meilen sei. In den neueren Zeiten ist es mit den vollkommensten Fernröhren häufig versucht worden. Beim Polarstern schätzte sie Lindenauer auf $^1/_7$": er wäre also 2800000 Erdweiten oder 56 Billionen Meilen entfernt, Piazzi auf $^1/_4$", also eine Entfernung von 1600000 Erdweiten. Nach Schröter haben ζ im Orion und Mesarthim im Widder $^1/_2$ — $^3/_4$ Sek., also 5 — 800000 Erdweiten; α Kapella 1 Sek. oder 400000 Erdweiten. Die meisten Astronomen scheinen jetzt 1 Sek. für die Parallaxe der nächsten Fixsterne zu halten, deren Entfernung unter dieser Voraussetzung 400000 Erdweiten oder 8 Billionen Meilen beträgt. Alle diese Bestimmungen sind zwar höchst unzuverlässig, wenn man jedoch alle möglichen Beobachtungsfehler berücksichtigt, so beträgt die Parallaxe der nächsten beobachteten Sterne 2 Sek., und ihre Entfernung 4 Billionen Meilen. Diese Größe, die man die Sternweite nennt, wollen wir in der Folge als Maßstab für die Entfernungen der Fixsterne anwenden. Man wundre sich nicht über dieses ungeheure Maß; aber alle Entfernungen inner-

halb des Sonnensystems reichen hierbei nicht aus — selbst Uranus ist nur etwa 19 Erdweiten von der Sonne entfernt — ja wir werden sogar von Entfernungen hören, wofür selbst die unermeßlich große Sternweite kein würdiges Maß ist.

Man bedient sich auch wol der Zeit, welche das Licht, der schnellste Körper, den wir kennen, gebraucht, von einem Himmelskörper zu uns zu gelangen, um die Entfernungen derselben zu bezeichnen. Es durcheilt 40000 Meilen in der Sekunde, so daß es von der Sonne in $8^1/_3$ Minuten (S. 225.) bei uns angelangt ist; und dennoch bedarf es, um eine Sternweite zu durchschneiden, 6 — 7 Jahre. Siriùs könnte z. B. zerstört werden, und wir würden ihn erst nach 6 Jahren vermissen. Selbst wenn man eine Parallaxe von 5 Sek. annehmen wollte, die höchste, welche nur ein neuerer Astronom aufzustellen gewagt hat, so würde die Entfernung noch 80000 Erdweiten betragen, und das Licht erst nach 15 Monaten zu uns gelangen. Wir werden späterhin Sterngruppen kennen lernen, deren Licht uns wahrscheinlich erst nach vielen tausend Jahren erreicht. Bei so ungeheueren Entfernungen der Fixsterne ist es nicht zu verwundern, daß, obgleich einige uns in der Opposition um mehr als 40 Millionen Meilen näher sind, als in der Konjunktion, uns doch keiner alsdann größer oder glänzender erscheint.

Noch weniger bekannt, als die Entfernung, ist uns die scheinbare Größe der Fixsterne, indem die Irradiation, welche die Messung der näheren Planeten und Trabanten so sehr erschwerte, daß Beobachter wie Herschel und Schröter um mehrere Sekunden von einander abwichen, noch nachtheiliger bei den Fixsternen wirkt, deren scheinbare Durchmesser überdieß so klein sind, daß selbst die schärfsten Fernröhre sie nicht zu

messen vermögen. Statt vergrößert zu werden, erschienen sie immer desto kleiner, je besser das Fernrohr war, und wurden immer mehr zu bloßen glänzenden Punkten; nur bei 2000 maliger Vergrößerung glaubt Herschel die Fixsterne als kleine wohl begrenzte Scheiben erblickt zu haben. Kepler, der anfangs dem Sirius einen Durchmesser von 4 Minuten gegeben hatte, wurde durch ein Fernrohr bald von seinem Irrthume überzeugt. Selbst die 2 Sekunden, welche Cassini angab, sind viel zu groß, und es ist jetzt gewiß, daß selbst 1 Sekunde zu viel ist.

Da unmittelbare Messungen keine Genauigkeit gewährten, so versuchte man den Durchmesser des Sterns durch die Zeit zu finden, welche der Mond, wenn er auf seinem Umlaufe zwischen dem Sterne und uns durchgeht, gebraucht, um ihn ganz zu bedecken. Der Mond legt nämlich auf seiner monatlichen Bewegung 1 Sek. an der Himmelskugel in 2 Sek. Zeit zurück (S. 189); er würde also einem an der Himmelskugel unbeweglichen Sterne, der sich auf seiner Bahn befindet und dessen Durchmesser eine Sek. beträgt, in 2 Zeitsekunden bedecken. Allein dieß schien den aufmerksamen Beobachtern bei allen untersuchten Sternen, worunter sich mehrere erster Größe befanden, Sache des Augenblicks zu sein; und da $\frac{1}{2}$ Zeitsekunde deutlich wahrgenommen werden kann, so bedurften sie höchstens $\frac{1}{2}$ Sek., um in den Mond, oder aus ihm zu treten; ihr Durchmesser kann also nicht größer als $\frac{1}{4}$ Sekunde sein. Wahrscheinlich ist er aber noch viel kleiner.

Der wahre Umfang kann aber trotz der geringen Größen der scheinbaren Durchmesser sehr bedeutend sein. Herschel schätzte z. B. den Durchmesser von α in der Leier auf $\frac{1}{3}$ Sek. Nimmt man nun dessen Parallaxe auf 2 Sek. an, so wird der Stern

in derselben Entfernung $^1/_3$ Sek. groß gesehen, in welcher der Durchmesser der Erdbahn, oder etwa 216 Durchmesser der Sonne (S. 238), 2″ groß erscheint. Er beträgt also $^1/_6$ derselben, oder 36 Sonnendurchmesser. Die Sonne würde in dieser Entfernung nur einen scheinbaren Durchmesser von $^1/_{108}$″ haben. Nimmt man die Entfernung der Sterne noch größer, oder die Parallaxe kleiner an, etwa nur 1″ groß, so würde ein Stern, dessen scheinbarer Durchmesser $^1/_3$″ beträgt, einen 72 mal so großen Durchmesser haben, oder einen 445248 mal so großen Raum einnehmen, als die Sonne. Wir können also aus Beobachtungen durchaus keinen Schluß auf die Entfernung und Größe der Fixsterne machten.

Auf eine sinnreiche Weise suchte zuerst Michel aus der Größe die Entfernung zu bestimmen. Er ging dabei von dem Grundsatze aus, daß, wenn man aus einer Anzahl ähnlicher Gegenstände, z. B. einer Menge Menschen, einen willkürlich heraushebt, man mit Wahrscheinlichkeit annehmen könne, daß der gewählte weder zu den größten, noch zu den kleinsten, sondern zu denen mittlerer Größe gehöre. — Von den Fixsternen kennen wir nur die Sonne genauer, ihre Größe und ihr Glanz können daher für diejenigen gehalten werden, welche den Fixsternen im Durchschnitte zukommen. Ein Fixstern wird uns also im Ganzen denselben Anblick gewähren, wie eine eben so weit entfernte Sonne, und wenn wir die Entfernung berechnen, in welcher sich die Sonne befinden muß, um den Fixsternen in ihrer äußeren Erscheinung gleich zu werden, so wird man dadurch die Entfernung eines Fixsterns ungefähr bestimmen können. Das Licht eines Körpers nimmt nämlich nach den Quadraten der Entfernung ab, so daß die Sonne z. B. in einer zehnfachen Entfernung uns nur $^1/_{100}$ des Lichts (S. 257)

zeigen würde; allein selbst da, wo die Parallaxe 2″ beträgt und der Durchmesser völlig unmerklich ist, würde sie uns noch immer glänzender erscheinen, als die Sterne erster Größe; da indeß auch Licht in dem Aether, oder wie man sonst den zarten Stoff benennen will, der vielleicht den nicht von Himmelskörpern eingenommenen Raum erfüllt, etwas geschwächt wird, so kann man annehmen, daß die Sonne in einer Entfernung, die derjenigen der Fixsterne gleich ist, auch ungefähr in demselben Glanze erscheinen würde, also in einer Sternweite als ein Stern erster Größe, in zwei Sternweiten als ein Stern zweiter Größe u. s. f.

Obgleich man nun den Umfang der Sterne erster Größe nicht genau kennt, so kann man sie doch als einen Maßstab für die andren Himmelskörper anwenden. Man kann unter den Sternen zweiter Größe doppelt so weit entfernte Sterne verstehn, unter denen dritter Größe dreimal so weit entfernte u. s. f. Da der Glanz bei gleichen Körpern abnimmt, wie das Quadrat der Entfernungen zunimmt, so würde unsre Sonne als Stern zweiter Größe nur den vierten Theil des Glanzes von einem Sterne erster Größe haben, als Stern dritter Größe den neunten Theil u. s. w. Diese Eintheilung ist mit der einmal eingeführten ziemlich übereinstimmend, und, da sie auf bestimmten Grundsätzen beruht, jeder andren vorzuziehen.

Alle diese Bestimmungen sind indeß nur im Durchschnitt aller Sterne einer Klasse wahr; die einzelnen Sterne sind aber, ihrer Größe und ihrem Glanze nach, wahrscheinlich nicht minder mannigfaltig, als die Körper des Sonnensystems. Sirius, der wegen seines glänzend weißen Lichts der schönste Fixstern an unsrem Himmel ist, hat wahrscheinlich mehr eigenthümlichen Glanz, als die gelblichen, bläulichen und

röthlichen Fixsterne. Auch haben die neueren Versuche Frauenhofers gezeigt, daß das Licht der Venus und des Mondes, obgleich von dem der brennenden Körper und der Elektricität verschieden, dem der Sonne in allen seinen Eigenschaften sehr ähnlich ist; das Licht der Fixsterne weicht aber von dem der Sonne und unter einander bedeutend ab. Auch in der Größe sind die einzelnen Sterne ohne Zweifel sehr verschieden; wir werden aber vielleicht nie ein Merkmal auffinden, wodurch die nahen kleinern von den entferntern größern unterschieden werden können.

Bisher haben wir das unangenehme Geschäft gehabt, nur von mißglückten Versuchen zu reden; glücklicher sind die Neueren in der Beobachtung der Bewegung der Fixsterne gewesen. Dieses scheint zwar dem Namen eines Fixsterns zu widersprechen; allein ihre Bewegungen sind auch von den bisher entwickelten sehr verschieden, indem sie ungleich langsamer sind und sich auf keinen Körper unsres Systems beziehen.

Eine Klasse von Bewegungen der Fixsterne, eine Folge der Bewegungen der Erde und der Geschwindigkeit des Lichts, haben wir schon oben in der Achsendrehung der Himmelskugel, der Präcession, Aberration u. a. m. kennen gelernt. Sie sind nur scheinbar, und dadurch leicht von den wirklichen Bewegungen zu unterscheiden, daß sie, ganz unabhängig von der Größe und dem Glanze des Sterns, sich nur nach dessen Lage an der Himmelskugel richten, so daß z. B. ein Stern erster und einer von der hundertsten Größe völlig gleiche Erscheinungen darbieten, so bald sie uns neben einander zu stehen scheinen. Allein auch hiervon abgesehn finden wir, wenn wir die ältern Sternverzeichnisse mit den neueren vergleichen, daß die Lage vieler Sterne sich sehr bedeutend geändert hat. Zwar sind die Beobach-

tungen der alten griechischen und arabischen Astronomen wegen ihrer Ungenauigkeit zu so feinen Versuchen nicht anwendbar; allein von Flamstead, der den Himmel vor etwa 100 Jahren beobachtete, bis jetzt, hat man bei manchen Sternen eine sehr bedeutende Bewegung beobachtet. Sie beträgt bei Arktur, wo sie am stärksten zu sein scheint, jährlich $2\frac{1}{2}''$. Nach Andren ist sie bei α in der Leier noch beträchtlicher.

Jede von uns gesehene Bewegung kann, wie wir schon öfter gezeigt haben, durch zwei Ursachen veranlaßt werden, theils durch die eigenthümliche Bewegung der Körper, theils durch unsere Bewegung, die wir nur auf die außer uns befindlichen Gegenstände übertragen. So findet z. B. bei der täglichen Bewegung des Himmels und der jährlichen der Sonne die zweite Ursache statt, bei der des Mondes die erste, bei der verwickelten Bewegung der Planeten und Kometen sind beide vereinigt. In beiden Fällen scheinen die uns am nächsten stehenden Körper, wofür wir unter den Fixsternen die Sterne erster Größe halten, am raschesten fortzurücken. Wenn die Bewegung parallaktisch d. h. nur scheinbar ist, und durch ein Fortschreiten der Sonne mit ihren zahllosen Begleitern veranlaßt wird, so werden diejenigen Fixsterne, welche gerade vor oder hinter uns liegen, unbeweglich sein, die andren aber hinter uns zu rücken scheinen. Die Sonne sei von A nach B (Fig. 20.) fortgerückt; so sind die Winkel ABC, ABD... um welche sich die Lage der Sterne C, D... geändert hat, gleich der scheinbaren Größe, unter welcher die Linie AB von dem Sterne aus gesehn wird. F, dem sich die Sonne am meisten nähert, und G von dem sie sich am meisten entfernt, verändern ihre Lage gar nicht, obgleich, wenn der zurückgelegte Raum AB groß genug ist, F an Glanz bedeutend zugenommen und H abgenom-

men haben wird. Allein da der Glanz nicht so genau beobachtet werden kann, als die Bewegung, so werden wir nur diese berücksichtigen können, und sie findet auch bei den Sternen C, D... mehr oder weniger statt, und zwar um so stärker, je näher sie uns sind, und je mehr sie gerade seitwärts liegen.

Wenn man alle diese Umstände berücksichtigt, so läßt sich bei weitem der größte Theil der Sternbewegungen durch ein Fortrücken unsres Sonnensystems erklären. Dieses scheint demnach nach einem Punkte des Himmels gerichtet zu sein, der unter 240° gerader Aufsteigung und 50° nördlicher Abweichung im westlichen Knie des Herkules liegt. Arktur, als ein günstig gelegener Stern erster Größe, hat die rascheste Bewegung; Sirius, wegen seiner minder günstigen Lage, eine langsamere, die jedoch noch rascher als bei Aldebaran ist, weil jener größer und daher wahrscheinlich auch näher ist. Eine schöne Bestätigung dieser Ansichten gibt das Zwillingspaar Kastor und Pollux, die, an Lage und Glanz fast gleich, auch in der Bewegung nicht sehr verschieden sein sollten. Aber Kastor bewegt sich weit langsamer, und so mußte es auch sein; denn, wie gute Fernröhre zeigen, besteht er aus zwei kleinern Sternen, die wegen ihrer größeren Entfernung eine geringere parallaktische Bewegung haben müssen.

Die Bahn der Sonne ist schwerlich geradlinig, sondern wahrscheinlich einem Kreise mehr oder weniger ähnlich. Wenn wir auf das Beispiel unsres Sonnensystems achten dürfen, wo sehr langgezogene elliptische Bahnen viel häufiger als kreisähnliche sind, so bewegt sich auch unsre Sonne in einer solchen Kometenbahn. Ob aber in dem Brennpunkte derselben eine Centralsonne ist, die an Größe unsre Sonne im Verhältniß vielleicht eben so sehr übertrifft, als die

Sonne die Planeten und Kometen, oder ein dunkler Körper, oder gar keiner, müssen wir jetzt unentschieden lassen; von Vielen wird jedoch α in der Leier, wegen ihres nach Herschels Beobachtungen außerordentlich starken Lichtes und ihrer großen parallaktischen Bewegung für die Centralsonne gehalten.

Indeß nicht alle Bewegungen der Fixsterne sind parallaktisch, sondern wie die Sonne haben auch sie wahrscheinlich ihre Bewegungen, die sich vielleicht auf denselben Centralkörper beziehen. Allein so glänzend die Ergebnisse dieser Beobachtungen auch sind, so großen Schwierigkeiten sind sie unterworfen. Selbst wenn man durch die genauesten, viele Jahre hindurch fortgesetzten, Beobachtungen die scheinbare Bewegung vieler Fixsterne genau kennte, wie wollte man aus diesem Chaos von parallaktischen und wirklichen Bewegungen von Körpern, deren Entfernungen wir nicht kennen, die wahren Bewegungen herausfinden? Wie vielen Schwierigkeiten war nicht die Beobachtung der Planetenbewegungen von unsrer wandelnden Erde aus unterworfen, und nur die kurze Dauer der Umschwünge hat den Beobachtern deren Kenntniß so bald verschafft. Sollten wir vielleicht die Bewegung unsrer Sonne nicht eher mit Sicherheit kennen lernen, als bis sie einige Male unter den Augen der Astronomen ihren Umlauf vollendet hat? Dann dürfen wir uns freilich nicht schmeicheln, daß wenige Jahre uns die Geheimnisse des Centralsonnensystems offenbaren werden. Denn wenn wir auch annehmen, daß manche Sterne erster Größe, deren Lage überaus günstig ist, jährlich 4″ fortrücken, und daß die Entfernung des Centralkörpers die der Sterne erster Größe, also die möglich nächste sei, wobei also die Sonne, als Planet des Centralsonnensystems betrachtet, in demselben Verhältnisse stände, wie Merkur zu

ihr, so bedürfte sie dennoch über 300000 Jahre um den Kreis oder die Ellipse zu durchlaufen. Dieses darf aber die Astronomen nicht abschrecken, den noch ganz jugendlichen Zweig der Astronomie durch ihre Pflege immer weiter emporblühn zu machen; denn wenn auch das jetzige und das folgende Geschlecht sich nur mit einzelnen Thatsachen und Vermuthungen werden begnügen müssen, so darf man doch hoffen, das System der Sonne einst mit eben der Sicherheit durchschauen zu können, als unser Planetensystem. Vielleicht kennt man alsdann die Beschaffenheit jenes Centralkörpers und die Anzahl der um ihn schwingenden Planeten und Kometen, deren jeder für eine Million von untergeordneten Körpern, die er in seinem Laufe mit sich fortzieht, einen eben so hohen Rang einnimmt und eben so wohlthätig auf sie einwirkt, als die Sonne auf die Körper unsres Systems.

Daß wir aber nicht zu rasch von den Erscheinungen unsres Sonnensystems, auf diejenigen der Fixsterne schließen, davor warnen uns die Doppelsterne. Aus einer genauen, mit guten Fernröhren angestellten Untersuchung der einzelnen Fixsterne, folgt nämlich, daß eine große Anzahl derselben aus zwei oder mehrern Sternen besteht. Jene nennt man Doppelsterne, diese Tripel-, Quadrupel- oder überhaupt Polygonalsterne. Viele von ihnen gehören zu den ersten Klassen der Fixsterne z. B. α Zwillinge (Kastor), ζ große Bär (Mizar), ν Löwe, γ Andromeda u. a. m. und sind zum Theil nur 2 bis 5″ von einander entfernt. Es ist zwar möglich, daß diese Nähe nur scheinbar ist, und bloß von ihrer Lage zur Erde herrührt; denn man könnte sich wol denken, daß zwei Sterne, wovon der eine 100 mal so weit entfernt ist als der andre, sich einander scheinbar decken können, allein eine einfache Berechnung Herschels

macht dieses sehr unwahrscheinlich. Die Himmelskugel enthält nämlich 34000 Mill. Räume, wovon jeder einem Kreise gleich ist, dessen Halbmesser $2^1/_2$ Sek. beträgt; 7000 Sterne — so viel kann man ungefähr von der 1sten bis zur 7ten Größe zählen — sind darin vertheilt. Es ist daher eine Wahrscheinlichkeit von 5 Millionen gegen 1, daß, wenn zwei Sterne sich innerhalb eines so kleinen Raumes befinden, sie in der That durch ein engeres Band verknüpft sind.

Dieses war das Resultat der ersten Entdeckung; die spätern Beobachtungen haben es aber außer Zweifel gesetzt, indem man bei den meisten Doppelsternen eine Bewegung um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt entdeckt hat. Wir haben in der 17ten Vorlesung gezeigt, daß ein sich frei bewegender Himmelskörper, der in die Nähe eines andren kommt, von diesem angezogen wird und in seiner Bahn Aenderungen erleidet. Es entsteht dadurch, unabhängig von der fortschreitenden Bewegung beider Körper, auch eine um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt (S. 358). Bei den Körpern unsres Sonnensystems fällt dieser fast durchgängig innerhalb des Hauptkörpers, wodurch die Bahn des kleinern fast ganz zum Kreise oder zur Ellipse um den größern wird. Bei den Systemen der Fixsterne, wofür wir doch die Doppelsterne halten müssen, hat man dagegen bis jetzt nur Bewegungen unter Körpern beobachtet, welche an Größe nicht sehr verschieden waren, oder man hat vielmehr nur dann mehr als einen Körper und Bewegungen in einem Fixsternsystem bemerkt, wenn die größten Körper desselben an Umfang fast einander gleich waren. Diese Einseitigkeit der Natur liegt offenbar nur in der Unvollkommenheit unsrer Beobachtungen, indem wir in den Systemen, wo, wie in unsrem Sonnensysteme, ein Körper fast

die ganze Masse des Systems in sich vereinigt, die untergeordneten Körper wegen ihrer geringen Größe nicht bemerken können. Indeß befinden sich vielleicht unter den zahllosen Doppel- und Polygonalsternen, die Struve neuerlich mit seinem frauenhoferschen Achromaten entdeckt hat, einige Fixsterngruppen, deren Sterne nicht weniger von einander verschieden sind, als die Sonne und die größten Planeten. Eigentliche Planeten, d. h. kleinere Körper, die, ohne eigenes Licht zu haben, nur mit dem schwachen, zurückgestralten Lichte des Hauptkörpers glänzen, werden wir zwar wol schwerlich jemals wahrnehmen können; allein es ist uns auch kein Grund bekannt, warum überall bloß der Centralkörper selbst leuchten soll. Scheint doch sogar im Sonnensysteme die bei weitem zahlreichste Klasse von Körpern, die Kometen, eigenes Licht zu haben! (S. 325).

Die Ebene, in welcher die Doppelsterne sich bewegen, hat alle möglichen Lagen zu unsrer Gesichtslinie. Zuweilen ist sie senkrecht darauf; dann bleibt die scheinbare Entfernung beider Sterne fast unverändert, wie bei δ Schlange, ε Bootes u. a. Kleine Aenderungen, die dennoch in der Entfernung beider Sterne statt finden, wie bei Kastor, rühren wahrscheinlich von einer elliptischen Bewegung her. Bei andren, wo die Ebene ihrer Bahn in der Gesichtslinie ist, scheint der kleinere sich dem größeren zu nähern, wird von ihn bedeckt und tritt dann auf der entgegengesetzten Seite wieder hervor, so daß er um ihn zu oscilliren scheint. Man achtet nämlich mehr auf die relative Lage des kleinern zum größern, als auf die eigentliche Bewegung beider Sterne, welche wegen ihres geringen Umfangs nur mit vieler Mühe gemessen werden kann. Eben so unabhängig von den Erscheinungen des Sonnensystems, wie die Ebene, ist

die Richtung der Bewegung der Doppelsterne: sie ist bald rechtgängig (von Westen nach Osten), bald rückgängig.

Bis jetzt ist eigentlich bei keinem dieser Körper ein ganzer Umlauf beobachtet worden, aber wo die Bahn uns fast kreisförmig erscheint, ist es nicht schwer ihre Dauer zu berechnen. So fand z. B. Herschel daß der kleinere Stern eines dieser Doppelsterne in 41 Jahren 242° von seiner Bahn zurückgelegt habe; aus dem Verhältnisse 242°:360° = 41:— konnte er nun leicht finden, daß der ganze Umlauf etwa 60 Jahre dauern würde. Herschel und Struve haben auf diese Weise bei 7 Doppelsternen eine Umlaufszeit von weniger als 100 Jahren berechnet, bei 2 beträgt sie beinahe 200 Jahre, bei 12 zwischen 3 und 400, bei 6 zwischen 4 und 600, bei mehr als 20 zwischen 8 und 900, und bei sehr vielen war das Fortschreiten so schwach, daß die Umlaufszeit 1000 — 2000 Jahre betragen muß; wenn nicht vielleicht hier und da die Sterne sich gerade jetzt in ihrer größten Entfernung befinden und ihre Geschwindigkeit späterhin, wie bei den Planeten und Kometen im Perihelium, beschleunigt wird (vergl. S. 318). Bei mehreren ist noch gar keine Bewegung wahrgenommen worden; dieß rührt wol nur von der Kürze der Beobachtungszeit her; denn daß zwei Körper sich ruhig neben einander befinden sollten, ohne in einander zu stürzen, scheint unmöglich zu sein (vergl. S. 359).

Wahrscheinlich haben ähnliche Ursachen, wodurch die Planeten und Kometen unsrer Sonne entstanden sind, auch den Sonnen der Doppelsterne kleinere Begleiter gegeben; denn wenn durch irgend eine Katastrophe Körper entstehn, die sich nachher durch ihre Anziehung zu Kugeln bilden, so werden diese natürlich von sehr verschiedner Größe sein, und der grö-

ßere wird die kleinern an sich fesseln. Auch bei den Doppel- und Polygonalsternen sehen wir daher wahrscheinlich nur die größten Sterne eines Systems, welche wiederum, wie unsre Sonne, von kleinern umkreist werden.

Diese Beobachtung führt uns auf die Untersuchung, ob nicht vielleicht auch unsre Sonne eine Gegensonne habe, mit der sie sich um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt bewegt? Zwar ist es wahrscheinlicher, daß wir in den einzelnen Körpern eines Doppelsterns nicht zwei ganz verschiedene Systeme, sondern nur die größten eines Systems erblicken, weil, wenn man sich die Doppelsterne eben so weit von einander entfernt denkt, als die Sterne erster Größe von uns sind, sie sich in einer ungeheuren Entfernung von uns befinden müßten, welches wiederum eine Größe bei ihnen voraussetzt, die alle Wahrscheinlichkeit übersteigt. Allein es ist dessenungeachtet möglich, daß einer der uns umgebenden Sterne, vielleicht der glänzende und daher wahrscheinlich auch sehr nahe α in der Leier (Wega) statt einer Centralsonne eine Gegensonne ist. Alle Erscheinungen der parallaktischen Bewegung der Fixsterne können auch durch diese Annahme erklärt werden. Auch darf uns die ungeheure Periode der Sonnenbewegung (S. 431) nicht stören, indem wir die sehr großen Perioden bei den Doppelsternen bis jetzt, eben wegen ihrer Länge, nicht bemerken könnten.

Die einzelnen Sterne der Doppelsterne scheinen einen sehr bedeutenden Umfang zu haben, indem die scheinbare Entfernung derselben von einander oft nicht größer und wol noch kleiner, als der Durchmesser des größeren geschätzt wird. Bei so nahen Körpern müßte nach den Gesetzen der Massenanziehung die Umlaufszeit sehr kurz sein; da sie aber dennoch oft sehr groß

ist, so ist wahrscheinlich die Dichte dieser Körper unbedeutend, vielleicht nur derjenigen unsrer Atmosphäre gleich. Allein wir kennen schon zu viele Beispiele von der Unzuverlässigkeit dieser auf so schwankenden Stützen beruhenden Untersuchungen, als daß wir ihnen viel Vertrauen schenken könnten.

Es findet noch eine Merkwürdigkeit statt, die wir mit wenigen Worten berühren wollen. Beide Sterne der Doppelsterne erscheinen nämlich häufig mit den komplementären Farben d. h. der eine Sterne hat eine Farbe, die, mit der andren vereinigt, Weiß bilden würde, z. B. in γ Andromeda, α Herkules, ε Bootes, γ Löwe ist der eine Stern röthlich, der andre bläulich oder grünlich. Es ist jedoch eine bekannte Thatsache, daß, wenn sehr dicht neben einem gefärbten Gegenstande sich ein andrer anders oder gar nicht gefärbter befindet, dieser eine von der komplementären nicht sehr verschiedene Farbe anzunehmen pflegt; wahrscheinlich beruht daher auch jene Farbenerscheinung gewöhnlich auf einer optischen Täuschung.

Färbung ist übrigens bei den Fixsternen eben so häufig, wie bei den Planeten. Wir kennen röthliche, gelbliche, bläuliche und ganz weiße Sterne. Sie scheint aber vielen Veränderungen unterworfen zu sein. Sirius, jetzt durch sein silberweißes Licht ausgezeichnet, wird von den Alten einstimmig „der rothe" genannt; bei vielen andren Fixsternen hat man ähnliche Farbenänderung bemerkt, und vielleicht ist nicht einer davon ausgenommen.

Diese Veränderlichkeit erstreckt sich auch auf den Glanz und die Größe der Fixsterne. Am merkwürdigsten sind die periodischen Wechsel. Algol im Haupte der Meduſa, (β Perseus) hat eine Glanzperiode von 2 Tagen 20 Stunden 49 Minuten. Ueber $2^1/_2$ Tage glänzt er als Stern zweiter Größe, $3^1/_2$

Stunden nimmt er ab, wird dann auf 18 Minuten plötzlich blaß und erreicht nach $3^1/_2$ Stunden wieder seinen gewöhnlichen Glanz. Viele andre Sterne haben eine Periode von einigen Tagen bis Wochen. Der Stern o im Wallfisch, der wegen seiner auffallenden Eigenschaften den Namen Mira (der Wunderbare) empfangen hat, hat in seinem höchsten Glanze die zweite oder dritte Größe und ist weißlich. Seine Farbe geht darauf in's Röthliche über, und wenn er am kleinsten und kaum sichtbar ist, ist er gelblich. Seine Periode dauert 334 Tage, zu Hevels Zeiten war er einmal 4 Jahre unsichtbar. — Auf eine andre Weise zeichnet sich η Antinous aus, seine Lichtperiode ist 7 Tage 4 Stunden. Sein starkes Licht dauert 10 Stunden, sein schwaches 30 Stunden, aber obgleich die Lichtabnahme 66 Stunden währt, dauert die Zunahme doch 36 Stunden. — χ im Schwan, der sonst eine Periode von $404^1/_2$ Tagen hatte, hat jetzt, wie es scheint, eine von $407^1/_2$ Tagen.

Alle diese Erscheinungen können durch eine Achsendrehung der Fixsterne veranlaßt werden. Wir kennen in dem Sonnensysteme keine fortschreitende Bewegung ohne Achsendrehung und umgekehrt, und da jene vermuthlich bei allen Sternen statt findet, so besitzen sie wahrscheinlich auch diese. Wo die Gestalt kugelförmig und der Glanz überall gleich groß ist, oder die Flecken auf allen Seiten, wie bei unsrer Sonne, gleichförmig vertheilt sind, da nimmt man die Achsendrehung nicht wahr. Wenn aber die dunklen Flecken auf einer Seite gehäuft sind, so erscheint uns diese dunkler, als die andren. Dieses möchte nun der Fall bei denjenigen Fixsternen sein, welche eine periodische Lichtveränderung haben. Die Ursache dieser Flecken, die wir selbst bei der Sonne nicht kennen, wird uns zwar bei den andren Fixsternen ewig unbekannt bleiben, allein es ist be-

merkenswerth, daß der Farbenwechsel gewöhnlich die Ordnung beobachtet, welche bei vielen chemischen und physischen Erscheinungen statt findet und unter dem Namen der newtonschen Farbenreihe bekannt ist.

Auch linsen- oder eiförmige Körper, die sich so drehen, daß sie der Erde bald die größten, bald die kleinsten Durchschnitte oder Scheiben zuwenden, erscheinen unter verschiedener Größe und Lichtstärke. Hierdurch kann auch die häufig vorkommende Ungleichheit in der Zeit der Zu- und Abnahme des Lichts erklärt werden. Vielleicht vereinigen sich beide Umstände, Flecken und eine nicht kugelförmige Gestalt.

Häufig mögen diese Lichtwechsel von den Umläufen wenig leuchtender oder völlig dunkler Körper herrühren, welche, wenn sie sich zwischen uns und den Sternen befinden, sie ganz verfinstern, oder ihr Licht doch sehr schwächen. Kleine Planeten können diese Erscheinungen freilich nicht hervorbringen, wol aber dunkle Gegenkörper, die sich zu den leuchtenden und daher sichtbaren Fixsternen wie eine Gegensonne verhalten (S. 436). Daß es solche große dunkle Körper gebe, ist an sich nicht unwahrscheinlich; denn es ist uns bis jetzt noch keine Ursache bekannt, warum Körper von der Größe der Sonne und darüber nothwendig leuchten müssen, und dieselben Gründe, die an einigen Stellen der Sonne die dunklen Flecken erzeugen, könnten sie auch ganz damit bedecken. Wir werden aber auch bald die Wahrscheinlichkeit dieser Körper durch Beobachtungen nachweisen. Durch diese Annahme wird vorzüglich der plötzliche Lichtwechsel und die verhältnißmäßig kurze Dauer der Verdunkelung erklärt. Ist die Umlaufszeit eines solchen dunklen und leuchtenden Zwillings sehr groß, so kann uns dadurch der helle Stern eine Zeitlang ganz oder zum Theil verdeckt werden. Auch wenn beide Sterne eines Doppelsterns

Sonnen sind, so können durch die Veränderungen in ihrer gegenseitigen Lage auch Unterschiede in der scheinbaren Größe entstehn, wie z. B. bei ζ Herkules. Daher rührt es auch wahrscheinlich, daß der Doppelstern Kastor der früher größer war, als Pollux, jetzt kleiner ist. Auch durch Ringe, wie die des Saturn, an deren Dasein wir bei der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen in der Fixsternwelt nicht zweifeln können, können ähnliche Erscheinungen hervorgebracht werden.

Außer diesen regelmäßigen Aenderungen gibt es noch eine große Anzahl von Sternen, die ähnliche Erscheinungen ohne bestimmte Zeitfolge darbieten. Die merkwürdigsten sind das Entstehen und Verschwinden von Sternen. Viele Sterne, welche die Griechen und Araber kannten, suchen wir jetzt vergebens am Himmel, und viele, die wir jetzt kennen, waren den Alten unbekannt, welches nicht bloß eine Folge von Nachlässigkeit sein kann. Ein neu entstandener Stern bewog Hipparch 140 Jahre v. Chr. einen Sternkatalog zu entwerfen, damit solche Erscheinungen seinen Nachfolgern nicht entgehen möchten, und in spätern Jahrhunderten hat es nicht an ähnlichen Ereignissen gefehlt.

Das berühmteste Beispiel in der neuern Zeit ist der Stern, den Tycho im J. 1572 im Stuhle der Kassiopea entdeckte; er übertraf alle Gestirne, selbst die Venus, an Glanz und war sogar am Tage sichtbar; allein bald ging sein blendend weißes Licht erst in ein röthliches, dann in ein bleifarbenes über, und nach 16 Monaten war er spurlos vom Himmel verschwunden. — Im Jahre 1604 entdeckte Kepler im Ophiochus einen ähnlichen Stern, der anfangs die Sterne erster Größe an Glanz übertraf, aber nach einem Jahre, nach mannigfaltigem Farbenwechsel ver-

schwunden war. Ein etwas längeres Leben hatte ein im Jahre 1670 beobachteter Stern im Fuchs. Im Juni 3ter Größe, war er im August nur 5ter Größe, verschwand darauf, bis er im März 1671 wieder als Stern 4ter Größe sichtbar war, und verlor sich im Jahre 1672 auf immer. — Ein besseres Schicksal hatte ein von Kepler in der Brust des Schwans entdeckter Stern, der vom Jahre 1600 an fast 20 Jahre hindurch 3ter Größe erschien; dann aber bis zum Jahre 1655 verschwand, als er von Cassini von Neuem als Stern 3ter Größe gesehen wurde. Seitdem ist er dann und wann als Stern 6ter Größe gesehen worden.

Von allen diesen unter sich verschiedenen Erscheinungen finden sich in allen Theilen des Himmels Beispiele, wenn auch minder ausgezeichnet. Bei manchen mögen ähnliche Ursachen wirken, wie bei den ihr Licht periodisch wechselnden Sternen, aber bei denjenigen, welche nach einem kurzen Leben völlig verlöschen, wird man unwillkürlich an manche Lichterscheinungen unsrer Erde erinnert. Die plötzliche Entzündung eines großen Himmelskörpers, die so lange fortdauert, als die chemische Operation, durch die sie veranlaßt wurde, Nahrung findet, würde sich uns genau so zeigen, wie die in der Kassiopea u. s. f. angeführten Phänomene, da sogar das Emporlodern, das kurz vor dem gänzlichen Verlöschen bei den Sternen im Fuchs, im Schwan u. a. eintrat, auch sehr häufig bei irdischen Feuern gefunden wird.

Was wird aber aus diesen Körpern, deren Katastrophe sich uns in so weiten Entfernungen offenbart? Die völlige Unbeweglichkeit aller dieser Gestirne, die an dem Orte, wo sie entstanden, auch vergingen, weist ihnen einen vom Sonnensysteme weit entfernten

Standpunkt und eine sehr bedeutende Größe an. Selbst wenn der ganze Körper von den Flammen verzehrt ist, müßten die dadurch entstandenen Stoffe an ihrem Orte bleiben; und was war vor der Explosion daselbst? Ohne Zweifel ein dunkler Körper, oder ein so schwach leuchtender, daß man ihn nicht beachtet hat. Dasselbe ward er nach der Explosion, und wird es bleiben, bis er von Neuem der Schauplatz gewaltiger Naturereignisse wird. Viele andre Körper, die ähnliche Veränderungen erlitten haben mögen, sind von uns bei diesem Schauspiele nur nicht belauscht; mancher der matter leuchtenden, von uns kaum bemerkten Sterne ist vielleicht ein großer, verhältnißmäßig aber dunkler Stern, der ähnliche Schicksale erleiden kann oder schon erlitten hat, und zahllose Körper, eben so dunkel wie die Planeten und an Größe den Sonnen nicht nachstehend, bleiben unsichtbar, wenn nicht ein Ereigniß wie das in der Kassiopea den Schleier lüftet. Vielleicht stehn diese Körper, wie an Größe, auch an Anzahl, den Fixsternen nicht nach, und fesseln ebenfalls durch ihre überwiegende Masse eine zahllose Menge kleinerer Körper an sich, deren Bewohner nicht einmal den mächtigen Magneten sehen, der ihr Schicksal beherrscht!

Zwanzigste Vorlesung.

Die Sternhaufen, Nebelflecken.

Außer den Körpern, welche, trotz ihres Umfangs, uns bloß als glänzende Punkte, als Sterne, erscheinen, befinden sich am Himmel noch zahlreiche Körper, die, obgleich in ihrer Entfernung den Sternen, selbst den entferntesten, nicht nachstehend, uns dennoch in bedeutender Größe erscheinen, und daher eine unermeßliche Ausdehnung haben müssen. Aber an Glanz stehn sie nicht nur dem einzigen uns in einiger Ausdehnung erscheinenden Fixsterne, der Sonne, weit nach, sondern sogar den Planeten und Trabanten. Ihr Licht ist nur ein schwacher, nebelartiger Schein, der, obgleich sich über mehrere Minuten erstreckend, dennoch dem bloßen Auge fast nie sichtbar, und von den ältern Astronomen vernachlässigt ist. Daß aber keine, auch noch so unbedeutende Naturerscheinung, die auf ihre Untersuchung angewendete Mühe unbelohnt läßt, werden wir an diesen Nebelflecken erfahren.

Diese können von zwei sehr verschiedenen Ursachen herrühren. Sie sind entweder wirklich große Körper, die uns ihr eigenes, oder erborgtes, schwaches Licht zusenden; oder sie rühren von dem vereinigten

Scheine einer großen Anzahl kleiner Fixsterne her. Wir wollen diese letztre Abtheilung, welche wir Sternnebel nennen wollen, zuerst betrachten.

Das bloße Auge kann nur Sterne 5ter bis 6ter Größe einzeln erkennen, die übrigen sind ihm, wenn sie einzeln stehn, ganz unsichtbar, und ihr Licht vermischt sich mit dem schwachen Lichte, welches den ganzen Himmel bedeckt; oder wenn ihrer mehrere neben einander stehn, so vereinigt sich ihr Licht zu einer blassen Wolke, worin wir zwar die einzelnen Sterne nicht mehr unterscheiden können, deren Schein aber um so stärker wird, je größer die Anzahl und der Glanz der Sterne ist. So erscheinen dem ganz schwachen Auge z. B. die Plejaden u. a. als kleine Wolken. Ein besseres Auge sieht hier die einzelnen Sterne deutlich, aber ihm werden die Sterne höherer Ordnungen, welche dem schwachen Auge ganz verschwanden, eine ähnliche Erscheinung darbieten, und da mit der Höhe der Ordnungen die Anzahl der Sterne in raschem Verhältnisse zunimmt (S. 390), so wird das bessere Auge zwar viel mehr Sterne, aber auch mehr Wölkchen erblicken. Richtet man auf diese ein gutes Fernrohr, so werden sie sich zwar in Sterne auflösen, allein es werden sich neue am Himmel bilden, und sogar das beste Fernrohr, womit bis jetzt diese Körper untersucht worden sind, das große Herschelsche, ließ noch eine bedeutende Anzahl solcher Nebelflecken unaufgelöst. Man pflegt jedoch unter diesem Namen nur diejenigen zu verstehn, welche wirklich gar nicht, oder nur durch sehr scharfe Fernröhre aufgelöst werden können, und solcher hat Herschel, dessen Name bei allen Entdeckungen der neuern Astronomen zuerst genannt werden muß, fast 3000 aufgefunden, aber wahrscheinlich eine noch viel größere Anzahl seinen mit besseren Fernröhren versehenen Nach-

folgern überlassen. Indeß sind in dieser Anzahl auch die eigentlichen, durch einen weitverbreiteten Stoff hervorgebrachten Nebelflecken begriffen.

Die Sterne sind also nicht gleichmäßig über den ganzen Himmel vertheilt, denn sonst würde ihr vereintes Licht einen gleichförmigen Schein über das ganze Himmelsgewölbe verbreiten, in welchem die glänzendern Sterne wie Inseln zerstreut sind; sondern sie bilden einzelne Gruppen, die, ziemlich scharf begrenzt, durch größere oder geringere Zwischenräume von einander getrennt sind. Die scheinbare Größe der Sternnebel steigt von der geringsten im Fernrohre zu fassenden Größe, wo nur durch die schärfsten Instrumente der Durchmesser erkannt werden kann, bis zu derjenigen der Milchstraße; jedoch kommen nur wenige von ihnen den Sternen 6ter oder 7ter Größe an Sichtbarkeit gleich und sie sind daher fast nie dem bloßen Auge sichtbar. Eben so mannigfaltig ist ihre Gestalt; zuweilen ist sie kreisförmig oder elliptisch, aber oft ganz unregelmäßig, zuweilen sind sie sogar verästelt (dendritisch).

Zu diesen gehört der größte uns bekannte Nebelfleck, die Milchstraße. Dieser herrliche Kranz, der, ungeachtet seines seltsamen Namens (S. 377), eine der schönsten Zierden unsres Himmels ist, bildet fast einen Ring um uns, dessen Durchschnitt zu den größten Kreisen unsrer Himmelskugel gehört, der seinen Nordpol, oder den nach Norden hin am weitesten von ihm entfernten Punkt des Himmels, in der Nähe des Haars der Berenice unter 186° gerader Aufsteigung und 32° Abweichung, und den Südpol an der entgegengesetzten Seite des Himmels, in der Bildhauerwerkstatt hat. Seine Breite ist sehr verschieden, zuweilen bis auf 2° eingeengt, beträgt sie an andren Stellen, z. B. dem Einhorn 17°. Sie ist matt beim Perseus, am schmalsten und glänzendsten im Schiff

und Centauren in der südlichen Halbkugel; in der nördlichen ist sie im Cepheus am hellsten, obgleich in geringerem Grade. Hier theilt sie sich in zwei Arme, die sich zwar bald wieder vereinigen, und gewissermaßen eine Insel einschließen, sich aber bald darauf wieder trennen, und so getheilt durch den Schwan und Adler bis zum Skorpion in der südlichen Halbkugel fortstreichen. Am südlichen Kreuz läuft ein Ast aus, der sich aber nicht wieder mit dem Stamme vereinigt. Kleinere Unregelmäßigkeiten in Gestalt und Glanz finden sich an mehrern Stellen.

Schon Demokrit hielt diesen Nebelfleck für ein Aggregat unzähliger kleiner Sterne, die man auch in der Nähe des Schwans mit bloßen Augen zu erkennen glaubt; aber selbst den Fernröhren der Neuern war es nicht gelungen diese Vermuthung zu bestätigen, bis endlich Herschel durch seine Werkzeuge bis an die Grenzen dieser Nebelmasse vordrang, indem er sie vollständig in einzelne Sterne zu zertheilen vermochte *). Die Anzahl derselben ist so ungeheuer, daß er sie nur auf ähnliche Weise zu schätzen vermochte, wie Archemedes die Sandkörner, welche ein Körper von der Größe der Erde enthalten kann, oder wie der Naturforscher die Anzahl der Eier eines Fisches. Er zählte nämlich die Sterne, welche das Feld seines Teleskops enthielt, und berechnete dann wie viele solcher Felder in dem ganzen, von der Milchstraße bedeckten Raume, enthalten seien. Da aber die Straße nicht überall von gleichem Glanze ist, so wiederholte er jene Be-

---

*) Es bleiben zwar in der Milchstraße, wie an andren Theilen des Himmels, noch viele Nebelflecken zurück, doch da diese sich von der Milchstraße selbst wesentlich unterscheiden, so werden sie natürlich hierbei nicht berücksichtigt.

obachtung in verschiedenen Theilen derselben und fand, daß die Summe aller Sterne darin etwa 20 Millionen betrage. Wie unbedeutend ist dagegen die ganze Anzahl der dem bloßen Auge sichtbaren Sterne, und doch kommt vielleicht jeder der kleinen Lichtpünktchen der Sonne an Glanz gleich, und wird, wie sie, von zahllosen Körpern umgeben, von denen jeder einzelne für seine kleinen Bewohner eine Welt ist, wie die Erde für uns.

Man kann, ohne einen großen Irrthum zu befürchten, annehmen, daß die Sterne in allen Theilen der Milchstraße ziemlich gleichförmig vertheilt sind, daß also im Durchschnitte gleich große Räume gleich viel Sterne enthalten, deren Entfernung von einander einer Sternweite gleich ist; denn alle uns umgebenden einzelnen Sterne machen, wie wir sehn werden, einen Theil der Sterngruppe aus, deren äußerste Körper wir in der Milchstraße sehen. Wenn also auf einem Theile derselben die Sterne gedrängter sind, als an andren, so rührt dieses nicht daher, daß ihrer mehre nebeneinander, sondern daß mehre hintereinander stehen, die Milchstraße also in dieser Gegend tiefer ist. Vergleicht man nun die Anzahl der Sterne der Milchstraße, unter dieser Voraussetzung, mit einander, so findet man, daß die Entfernung derselben, nach der Richtung des Adlers, 500 Sternweiten beträgt, nach der entgegengesetzten Richtung aber, in der Nähe des großen Hundes, nur 300, weil hier in einem gleichen Raume nur $^3/_5$ so viel Sterne als beim Adler zu sein scheinen. Der Durchmesser des ganzen Rings beträgt also etwa 800 Sternweiten. Dieser ungeheuere Raum ist nun ganz mit Sternen besäet, wovon wir die uns nahen, d. h. diejenigen, welche nur 6 — 7 Sternweiten (24 — 28 Billionen Meilen) von uns entfernt sind, mit bloßen Augen sehen. Von jenen,

mehrere hundert Sternweiten entfernten Körpern würde der Glanz der Sonne und der Sterne erster Größe denjenigen, welchen die Sterne der Milchstraße für uns haben, nicht übertreffen, und alle mit unbewaffnetem Auge sichtbaren Sterne, ja selbst die mit mäßigen Fernröhren zu erkennenden, d. h. alle, die sich innerhalb 40 Sternweiten (160 Bill. Meilen) befänden, würden Theile eines Nebelflecks sein, dessen einzelne Sterne selbst mit Herschelschen Fernröhren kaum als Punkte zu unterscheiden sind.

Wäre dieser Sternhaufen, der uns als Milchstraße erscheint, eine Kugel, und wir in der Mitte derselben, so wären wir überall von jenem Scheine umgeben; oder wenn wir uns in der Nähe des Randes befänden, so würden wir zwar auf einer Seite den dunklen Himmel, auf allen übrigen aber jenen Schein erblicken. Dieses findet jedoch nicht statt. Er zeigt sich uns vielmehr als ein verhältnißmäßig schmaler Ring, in dessen Mitte wir uns ungefähr befinden. An den beiden Theilen, welche die Pole desselben bilden, sind die Sterne am dünnsten verbreitet; jemehr wir uns aber mit dem Fernrohre der Straße nähern, desto mehr häufen sich die Sterne, bis sie endlich in der Milchstraße selbst am dichtesten zusammengedrängt sind. Diese ist daher keine Kugel, sondern ein flaches Sphäroid, wie wahrscheinlich die mit dem Zodiakallichte (S. 251) umgebene Sonne, nur daß sie nicht, wie diese, aus einem mit einer Atmosphäre umgebenen Kerne besteht, sondern aus ziemlich gleichförmig verbreiteten Sternen, deren ungeheure Zwischenräume vielleicht nicht minder zahlreich mit Trabanten und Kometen bevölkert sind, wie unser Sonnengebiet. Der Durchmesser dieses Sphäroids beträgt etwa 800 Sternweiten, und die Sonne ist ungefähr 100 Sternweiten — mit solchen Ellen wer-

den diese Körper gemessen — vom Mittelpunkte entfernt. Die Sterne stehn in dieser Richtung nicht dicht genug beisammen, um eine starke Erleuchtung zu verursachen, und der sehr schwache Schimmer, den sie hervorbringen mögen, da er sich überall findet, kein besondres Merkmal gewährt. Indeß geht er doch weit über den Bereich der durch gewöhnliche Fernröhre sichtbaren Sterne, da letztere nach dieser Richtung in nicht geringerer Menge vorkommen, als die andren. In der Anzahl der Sterne des Himmels herrscht übrigens, jene allgemeinen Verhältnisse ausgenommen, durchaus keine Regelmäßigkeit, so daß sich an einigen Stellen, in einem gleichen Raume der Himmelskugel, 500 mal so viel befinden als in andren. Genauen Beobachtungen zu Folge, befinden wir uns in Rücksicht der Dicke nicht in der Aequatorzone der Milchstraße — wenn wir uns dieses Ausdruckes bedienen dürfen — sondern ihrem Nordpole etwas näher.

Bei allen Himmelskörpern, deren Gestalt wir genauer untersuchen konnten, sind wir zu sehr an Regelmäßigkeit gewöhnt, als daß uns nicht die so sehr unregelmäßige Gestalt der Milchstraße auffallen sollte; zwar können wir sie zum Theil für eine durch unsre Lage in jener Sterngruppe hervorgebrachte Täuschung halten, allein ihre Verästlung, und die an vielen Stellen sehr unregelmäßige Sternenmenge setzen eine wirkliche Unregelmäßigkeit in der Vertheilung der Sterne voraus. Sie macht daher wahrscheinlich nicht eine Sterngruppe aus, sondern besteht aus einer großen Anzahl aneinander gereiheter Sternhaufen, die sich in der Nähe des Aequators der Milchstraße, so nahe an einander befinden, daß sie uns den Anblick eines großen Nebelflecks gewähren, und vielleicht auch durch irgend ein Band mit einander verknüpft sind. Wie die einzelnen Sterne einer Sterngruppe

bestehn können, ohne durch die Wirkung der Massen-Anziehung in einander zu stürzen, haben wir oben gesehn; bald bewegen sie sich um einen großen leuchtenden oder dunklen Centralkörper, bald um einen leeren Punkt im Raume, der aber ihr gemeinschaftlicher Schwerpunkt ist. Auf eine ähnliche Weise nun, wie einzelne Planetensysteme zu Sonnensystemen, und Sonnensysteme zu ganzen Nebelflecken durch ihre Bewegung um einander verbunden werden, ohne doch in einander zu stürzen, werden auch Sternhaufen, von denen jeder Millionen von Fixsternen nebst ihren untergeordneten Körpern enthält, an einander geknüpft. Es ist daher wahrscheinlich, daß sich alle zu der Milchstraße gehörigen Sternhaufen um einander bewegen; wenn wir aber auch noch keine Bewegung dieser Art wahrgenommen haben, so ist solches aus der kurzen Zeit, daß diese Gegenstände beobachtet werden, kaum einem halben Jahrhundert, sehr erklärlich; nach mehreren Jahrtausenden wird man vielleicht in diesem merkwürdigen Zweige der Astronomie eben so genau unterrichtet sein, als jetzt über die Bahnen einiger Planeten.

Wenn wir statt in der Nähe des Mittelpunktes der Milchstraße, um einen Durchmesser von ihr entfernt wären, so würde sie eine scheinbare Größe von 60° haben; bei einer Entfernung von 10 ihrer Durchmesser betrüge die Größe 2° 52′, und bei 100 Durchmessern wird sie uns wie ein kleiner, dem bloßen Auge kaum sichtbarer Nebel erscheinen, dessen Durchmesser 17′ beträgt, aber natürlich nicht als Ring, sondern als ein mattschimmernder, nicht sehr scharf begrenzter Fleck, der in der Mitte, oder wo sonst eine größere Anhäufung von Sternen statt findet, einen etwas stärkeren Schimmer hat. Die Gestalt und scheinbare Größe derselben wird aber, nachdem wir uns

in der Nähe der Aequatorebene oder der Pole der Milchstraße befinden, sehr verschieden sein. Allein die einzelnen Sterne können in dieser großen Entfernung selbst von dem herschelschen Fernrohre nicht erkannt werden, welches nur dann Nebelflecken von der Beschaffenheit derjenigen der Milchstraße auflösen kann, wenn sie nicht mehr als 20 mal so weit von uns entfernt sind, als jene. Die äußere Gestalt der Nebelflecken macht es zwar auf den ersten Blick nicht unwahrscheinlich, daß sie entfernte Milchstraßen seien, und ihre geringe Größe nur von ihrer Entfernung herrühre, allein diese zuerst von Lambert und Kant geäußerte Vermuthung zeigt sich bei genauerer Prüfung nur bei einer kleinen Anzahl begründet. Wenn wir auch diejenigen von unsrer gegenwärtigen Betrachtung ausschließen, welche, aus einer weit verbreiteten Nebelmasse bestehend, wesentlich von jenen Sternnebeln verschieden sind, so scheinen doch die übrigen größtentheils eben so nah als die Milchstraße zu sein, einige näher als sie, und nur eine verhältnißmäßig geringe Anzahl noch entfernter.

Viele Nebelflecken lassen sich nämlich in einzelne Sterne auflösen, die dasselbe Ansehn wie die kleinen Lichtpunkte der Milchstraße haben, ohne daß es nöthig wäre, bei ihnen eine stärkere Vergrößerung anzuwenden. Diese unterscheiden sich in nichts von dem Nebel der Milchstraße und würden für Theile derselben angesehn werden, wenn nicht ihre Lage sehr davon abwiche. Sie sind daher wahrscheinlich nicht weiter von uns entfernt, als sie, und bilden einen Theil jenes großen, uns von allen Seiten umgebenden Riesensystems, zu dem sie sich etwa wie die Kometen zum Sonnensysteme verhalten, wenn wir die in der Aequatorgegend desselben liegenden Sterngruppen mit den Planeten vergleichen dürften.

Andre Sternnebel scheinen uns noch näher zu sein, als die Milchstraße. Viele lösen sich nämlich in eine Menge sehr nahe stehender, oft nur eine Sekunde entfernter Sterne auf, die einzeln an Glanz den Sternpunkten der Milchstraße ähnlich sind. Wenn wir auf diese den oben angewandten Maßstab anwenden, so müßten sie, um eine so geringe scheinbare Entfernung haben zu können, ungeheuer weit von uns entfernt sein, und dann wieder unermeßlich groß, weil sie noch gesehn werden können. Sie sind daher wahrscheinlich größtentheils wirklich weniger entfernt und bestehn aus kleinen, einander näheren Sternen, die sich vielleicht in keiner größeren Entfernung von uns befinden, als die Sterne der ersten Größe.

Andre dagegen scheinen, nach ihrer Entfernung und ihrem Glanze, wirklich entfernte Milchstraßen zu sein, d. h. große Sternsysteme, oder Gruppen von Nebelflecken, in welchen die einzelnen Sterne eine ähnliche Anordnung und Größe haben, als in der Milchstraße — wenn auch nicht in derselben Gestalt und Ausdehnung, welche bei allen diesen Erscheinungen höchst mannigfaltig sind. Von diesen konnten einige durch die besten Fernröhre in Sterne zertheilt werden, andre behielten zwar ihren Nebelschein ganz oder zum Theil bei, indem nur die größten Sterne etwas deutlicher hervorragten, allein sie zeigten in allen ihren übrigen Eigenschaften so viel Aehnlichkeit mit den Sternnebeln, daß ein geübter Beobachter, wie Herschel, nicht zweifeln konnte, daß auch sie sich in größerer Nähe, der Milchstraße ähnlich zeigen würden. Herschel schätzt bei einigen die Entfernung auf mehrere hundert Milchstraßenentfernungen. Je tiefer wir in den Weltraum eindringen, desto unzureichender werden die Maße die wir bei den uns benachbarten Körpern anwenden. Der Maßstab, dessen wir uns bei der Ent-

fernung der Körper des Sonnensystems von einander bedienten — Millionen Meilen — war für die Entfernung der nächsten Fixsterne schon zu klein, indem sie einige Hunderttausend Erdweiten betrug. Mit ganzen Sternweiten (4 Billionen Meilen) wurde die Milchstraße gemessen, aber für die fast an der Grenze unsres Sehvermögens entdeckten Himmelskörper reicht selbst diese unermeßliche Größe nicht aus. Vergleichen wir damit die Geschwindigkeit des Lichts so bedarf dieses, um eine Sternweite zu durchschneiden, etwa 6 Jahre; von den Enden der Milchstraße kommt es aber erst nach etwa 3000 Jahren an, und von den entferntesten noch zu erkennenden Sternnebeln vielleicht erst in Millionen Jahren. Ein dort jetzt neu geschaffener Körper würde dem Erdbewohner also erst in einigen Mill. Jahren sichtbar sein. Dieses wäre freilich der beste Beweis für das Alter der Welt, da schon die Sichtbarkeit dieser Körper eine so lange Zeit voraussetzt; allein schwerlich möchten die sich rechtgläubig Nennenden von diesen Gründen überzeugt werden.

Wir wollen jedoch unsren Zuhörern die Unsicherheit dieser Angaben nicht verhehlen. Es findet hierbei dieselbe Ungewißheit statt, die wir bei den einzelnen Sternen bemerkt haben, indem ein Nebelfleck, von dem wir vielleicht nach den obigen Bestimmungen vermuthen, daß er zu den Sternhaufen der Milchstraße gehöre, sich in der Nähe des Sirius befinden kann. Er theilte demnach nicht minder alle Eigenschaften der Fixsterne, nur würden alsdann die Sterne viel kleiner, und einander viel näher sein. Dagegen ist es auch möglich, daß er noch viel weiter entfernt ist, als die Milchstraße, welches nur größere Entfernungen und Ausdehnungen der Sterne voraussetzt. Da wir aber kein sicheres Maß für diese beiden Gegenstände besitzen, so können wir schlechterdings

nicht mit Gewißheit bestimmen, ob eine beobachtete Sterngruppe in der Nähe des Sirius aus kleinen einander nahen Sternen, oder viele hundert Sternweiten hinter der Milchstraße, aus unermeßlich großen, weit von einander entfernten bestehe. Noch weniger Zuverlässigkeit herrscht bei den noch nicht vollständig aufgelösten Nebelflecken, denn nicht nur findet dieselbe und eine noch größere Ungewißheit in Hinsicht der Entfernung und Ausdehnung statt, sondern es bleibt, trotz der Erfahrung der Astronomen, noch immer unentschieden, ob sie überhaupt aus Sternen bestehen. Wenn wir indeß auch über die Natur eines einzelnen Sternnebels, wie über die eines Sterns in Ungewißheit bleiben, so können wir doch die oben angeführten Vermuthungen über die Entfernung jener Körper im Ganzen für naturgemäß halten, obgleich die Ausnahmen sehr zahlreich sein mögen.

Die zweite Abtheilung der Nebelflecken bilden diejenigen Körper, die wirklich aus einem zusammenhängenden, schwach leuchtenden Körper bestehen, deren Licht bald gleichförmig über den ganzen Raum, den sie einnehmen, verbreitet ist, bald an einigen Punkten stärker ist, bald aus einer Nebelmasse besteht, in der sich einer oder mehrere Sterne befinden, welche von den Fixsternen fast nur durch ein matteres Licht und den sie begleitenden Nebel abweichen. Man unterscheidet drei Hauptklassen derselben.

Die erste Klasse enthält alle diejenigen Nebelmassen, welche sich mit sehr mattem, aber ziemlich gleichförmigen Lichte über einen großen, nicht scharf begrenzten Raum verbreiten. Von ihnen entsteht wahrscheinlich ein schwacher Schimmer, der sich um das Sternbild des Orion nach allen Seiten 60° weit erstreckt, und dieser Gegend des Himmels einen besondern Glanz verleiht; ein ähnlicher Schimmer findet

sich in dem nördlichen Flügel der Jungfrau. An diese, die ihre außerordentliche Größe wahrscheinlich ihrer Nähe verdanken, reihen sich an vielen Stellen des Himmels, in und außer der Milchstraße, eine Menge kleinerer. Ihre Gestalt scheint durchaus kein allgemeines Gesetz zu beobachten.

Bedeutend kleiner als diese, aber viel deutlicher zu erkennen sind die Nebelflecken zweiter Klasse. Ihre Gestalt, obgleich oft sehr unregelmäßig, ist doch schon schärfer begrenzt; ihr nicht selten starkes Licht nimmt an mehrern Stellen, vorzüglich in der Nähe der Mittelpunkte zu, und oft in so bedeutendem Grade, daß sich daselbst fast sternähnliche Körper von verhältnißmäßig sehr bedeutendem Umfange gebildet haben, um welche sich die Nebelmasse fast ganz zusammengezogen hat, so daß nur noch eine dünne sich wol stralenförmig von dem Kerne ausbreitende Atmosphäre übrig geblieben ist. Der Kern steht jedoch an Glanz den Fixsternen sehr nach, von denen er durch seinen Umfang und sein nebliges Ansehen bedeutend abweicht. Zu dieser Klasse gehören die nächst der Milchstraße berühmtesten Nebelflecken am Himmel, diejenigen im Schwerte des Orion und am Gürtel der Andromeda. Obgleich dieser den bloßen Augen sichtbar ist, so ist er doch zuerst von Simon Mayer, dem Entdecker der Jupiterstrabanten, beobachtet. Er stellt sich als zwei an ihren Grundlinien verbundene Dreiecke dar, wovon die Achse 40 Minuten, und die gemeinschaftliche Grundlinie 15 Minuten groß ist. Diese Nebelmasse, die also einen bedeutenden Raum am Himmel einnimmt, besteht daher wahrscheinlich aus einer Doppelpyramide. Der Nebelfleck im Schwerte des Orion ist von Huyghens entdeckt, und wegen seiner Größe und seines Glanzes

der schönste Nebelfleck am Himmel, so daß er früher für eine Oeffnung gehalten wurde, wodurch man in den Licht- oder Feuerhimmel (Empyreum) sehen könne. Er befindet sich in der Mitte jener ungeheuren Nebelmasse, und könnte wol für deren Centralkörper gehalten werden.

Alle hier angeführten Eigenschaften sind noch deutlicher in der dritten Klasse dieser Nebelflecke entwickelt. Die dort noch unregelmäßige Gestalt ist hier schon kreisförmig oder elliptisch geworden, die Kerne sind viel ausgezeichneter, so daß die Nebelflecken oft den Kometen ähnlich sind, und Herschel manche teleskopische Kometen für Nebelflecken gehalten zu haben glaubt. Zuweilen ist der Glanz des Mittelkörpers so sehr auf Kosten des Nebels erhöht, daß ihn dieser nur noch wie eine matte, kaum zu erkennende Atmosphäre umgibt, und sein Anblick völlig dem eines Planeten ähnlich ist, daher diese auch sehr passend planetarische Nebelsterne genannt werden. Ihre Gestalt ist da, wo ein Kern sich gebildet hat, kreisförmig, oder elliptisch; oft bilden aber zwei, drei und mehrere solcher Nebelflecken eine Gruppe, die, eben so mannigfaltig in Gestalt, verhältnißmäßiger Größe und Anzahl, als die Doppel- und Polygonalsterne, sich von diesen nur durch den schwachen Nebel unterscheiden, der sie umgibt. Zuweilen enthalten sie eine große Anzahl kleiner Sterne, deren Zwischenräume durch den Nebel ausgefüllt sind. In diesem Falle schließen sie sich also an die oben (S. 452) erwähnten, uns sehr nahen Sternhaufen an. Vorzüglich sind die Doppel-Nebelsterne häufig, und oft findet man, daß da, wo sich ein Kern schon gebildet hat, sich an dem entgegengesetzten Ende ein zweiter zu entwickeln scheint. Herschel hat in diesen beiden Klassen eine Menge Unterabtheilungen eingeführt, die sich auf die

Gestalt und Größe der Flecken, ihre Entfernung von einander, und von den Grenzen des Nebelflecks beziehen.

Die Körper, welche wir in Nebelflecken erblicken, sind bei ihrer unermeßlichen Ausdehnung wahrscheinlich sehr verdünnt, und können uns daher ein nur sehr schwaches Licht zusenden. Wenn nun, wie wir mit Wahrscheinlichkeit annehmen können, die Dichtigkeit dieser Körper in Verhältniß mit ihrem Glanze steht, so können wir die helleren Punkte in ihrem Innern als Kondensationspunkte der Nebelmassen ansehn, besonders da diese um so weniger glänzend und dicht zu sein scheinen, je dichter der Kern ist.

Die Entfernung dieser Nebelflecken scheint weit weniger bedeutend zu sein, als wir es aus ihrer äußern Aehnlichkeit mit den Sternnebeln vermuthen sollten. Ihre scheinbare Größe ist oft so beträchtlich, daß sie, wenn auch noch die Entfernung sehr groß wäre, selbst unsre, in der Astronomie an das Ungeheure gewöhnte Einbildungskraft überbieten würde. Der Umfang des oft schon sehr stark kondensirten Kerns, der, wie wir gesehn haben, sich sehr nahe an die Fixsterne schließt, würde diese ebenfalls zu sehr an Größe übertreffen, wenn wir ihn uns in der Entfernung vieler Sternweiten denken müßten; auch macht schon ihre Aehnlichkeit mit vielen Erscheinungen der uns umgebenden Einzelsterne eine ähnliche Lage wahrscheinlich. Aber fast zur Gewißheit werden diese Vermuthungen durch eine Wahrnehmung Herschels in einem nicht weit von dem großen Nebelfleck im Schwerte des Orion entfernten, kleinern. Dort fand er nämlich im Jahre 1774 nicht weit von ihren Rändern zwei Sterne, die, mit einem kleinen nebligen Kranze umgeben, völlig einem Nebelflecken

ähnlich waren. Der Nebel wurde immer matter, zog sich immer mehr und mehr von diesen Sternen weg, und im Jahre 1811 glänzten diese, wie die andren Fixsterne, ohne Spur von jener nebligen Atmosphäre, die sie früher umgab. Hier waren die Sterne offenbar hinter dem Nebel, von dem ihr Licht gebrochen und geschwächt wurde; jemehr er sich aber zerstreute, desto mehr erhielten jene ihren eigenthümlichen Glanz zurück. Da sie etwa siebenter bis achter Größe waren, so war der Nebelfleck entfernter von uns, als etwa sieben Sternweiten, oder vielleicht noch viel näher.

Diese Erscheinung überzeugt uns theils von der großen Verdünnung der Nebelmasse, die selbst das Licht eines so kleinen Sterns nur wenig schwächen konnte; theils warnt sie uns aber auch, nicht jeden Stern, der mit einer nebligen Atmosphäre umgeben ist, für einen Nebelstern zu halten. Daß aber diese bloß durch unsre Lage verursachte, scheinbare Verbindung zwischen einem Sterne und Nebelflecken nur sehr selten ist, zeigt theils eine auf die Gesetze der Wahrscheinlichkeit gegründete Berechnung, theils die große Zahl von Fällen, wo die Nebelmasse kreisförmig, oder elliptisch um ihren Centralkörper gelagert ist.

Diese Abtheilung von Nebelflecken verdient unsre größte Aufmerksamkeit, weil wir vielleicht bei ihnen Gelegenheit haben, die Natur in ihrem großen Geschäfte, der Bildung und Zerstörung ganzer Welten, zu belauschen. Denn es ist höchst wahrscheinlich, daß die verschiedenen Klassen dieser Abtheilung von Nebelflecken nur die verschiedenen Stufen bezeichnen, auf welchen die Weltkörper in ihrer Ausbildung stehn. Von dem, wie Herschel meint, im Weltraume verbreiteten Aether, oder dem noch fast ge-

staltlosen Nebel erster Klasse bis zu den planetarischen Nebelsternen und den ausgebildeten Einzel- oder Doppelsternen sind alle Uebergänge beobachtet, so daß man oft in Zweifel bleibt, zu welcher Klasse ein beobachteter Körper zu zählen ist. Wenn wir auch keinen Nebel beobachtet haben, der sich aus dem Weltraume allmälig zusammenzog, den Gesetzen der Massenanziehung gemäß immer dichter wurde, und wo schon einer, oder mehrere Kerne sich im Innern zu bilden anfingen; wie diese in die zweite Klasse eingetreten, auf Kosten der sie umgebenden Nebelmasse immer dichter wurden, und zuletzt fast die Festigkeit eines Kometen annahmen, wobei die Nebelmasse immer dünner und dem Kerne immer untergeordneter wurde; wie endlich, der letzten Stufe der Entwickelung nah, der Kern schon aus dem dunstförmigen Zustande, in dem er sich bis jetzt noch befand, in seinem Innern starr oder tropfbar flüssig wird, und jetzt von seiner frühern Ausdehnung nur noch eine dünne Atmosphäre übrig hat, die ihm eine planetarische Gestalt verleiht; wie zuletzt der Kern, nachdem er vielleicht Millionen von Jahren zu seiner Entwicklung gebraucht hat, aus dem ungeheuren Raume, den er bis jetzt einnahm, zu einem oder wenigen Sternen erstarrt, zuletzt als Fixstern am Himmel glänzte. Daß aber aus der so sehr verdünnten Nebelmasse dichte Sonnen entstehn können, wird uns nicht befremden, wenn wir berücksichtigen, daß ein Nebelfleck, der von 12 Minuten Durchmesser sich bis auf eine Minute zusammenzieht, sich 1728 mal verdichtet, also über zwei mal so stark, als wenn atmosphärische Luft sich in einen Körper von der Dichte des Wassers verwandelt. Um aber einen Stern von $\frac{1}{3}$" Durchmesser hervorzubringen, eine Größe, die sich vielleicht unter allen uns sichtbaren Fixsternen nicht findet, würde der Nebel 10000 Millionen

mal verdichtet werden, und — wenn wir die Dichtigkeit der Sterne der der Sonne gleichsetzen — über eine Mill. mal dünner gewesen sein, als die atmosphärische Luft. So unzuverlässig auch diese Zahlen sind, so sieht man doch wohl, daß die Verdünnung der Nebelmasse kein Einwand gegen die eben entwickelte Ansicht sein kann. Diese Verwandlung ist freilich nicht beobachtet, so wenig als die Zerstörung eines Fixsterns, der durch dieselben Uebergänge sich wieder im Weltraume auflöfete: allein selbst die ältesten Erfahrungen über diesen Gegenstand zählen kaum ein halbes Jahrhundert, und was sind selbst Millionen Jahre, wenn von Verwandlungen der Himmelskörper die Rede ist? Aber selbst in dieser kurzen Zeit sind, vorzüglich in der zweiten und dritten Klasse, sehr bedeutende Veränderungen wahrgenommen worden; die Massen scheinen sich größtentheils immer mehr zusammenzuziehen, und die Kerne sich mehr zu entwickeln, wie es z. B. vorzüglich beim großen Nebelfleck im Orion beobachtet ist. In einem Jahrtausend wird der Bildungsgang dieser Körper wahrscheinlich mit größerer Genauigkeit angegeben werden können, als jetzt, und vielleicht sind die Astronomen dann Zeuge von mehrern Bildungs- und Zerstörungsprocessen gewesen, von denen bis jetzt nur ein sehr kleiner Theil wahrgenommen ist.

In allen bisher betrachteten Fällen zeichnet sich der Kern durch seinen größern Glanz aus; es ist jedoch möglich, daß er auch zuweilen dunkel sein könne. Dieß scheint bei denen statt zu finden, deren Glanz nach dem Mittelpunkte zu schwächer wird; welches allerdings von einem dunklen, mit der leuchtenden Nebelmasse umgebenen Nebelsterne herrühren kann.

Wo mehrere Kerne sich bilden, finden, wie bei den Doppelsternen, ohne Zweifel Bewegungen statt, da die Körper nur dadurch ihre Entfernung beibehalten können. Zwar sind sie bis jetzt noch nicht wahrgenommen worden; allein auch hierin werden wahrscheinlich die Arbeiten der künftigen Astronomen die Lücke ausfüllen. Daß auch die Achsendrehung den Nebelsternen nicht fremd ist, scheint aus ihrer meistentheils elliptischen Gestalt zu folgen.

Merkwürdig sind die dunklen Säume vieler Nebelflecken. Vermuthlich waren diese früher mit Nebelmasse angefüllt, die sich aber durch die Verdichtung von ihnen zurückgezogen hat. Vielleicht scheinen sie aber nur dunkler in Vergleich mit dem hellern Schimmer der Nebelmasse. Einen ähnlichen Ursprung, wie diese Säume, haben vielleicht einige durch ihr Dunkel ausgezeichnete Stellen des Himmels, die sich gewöhnlich in der Nähe von vorzüglich hellen Theilen befinden, z. B. im Skorpion, im Fuchs und in den sogenannten Kohlensäcken der südlichen Halbkugel. Indeß, wenn die Sterne auf die mannigfaltigste Art am Himmel verbreitet sind, ist es wol möglich, daß einige Stellen des Himmels sternreicher sind, als andre, auf deren Kosten jene vielleicht gebildet wurden. Man braucht hierbei nicht mit einigen der frühern Seefahrer anzunehmen, daß man in den Kohlensäcken durch ein Loch im Empyreum in die ewige Finsterniß blicke.

Wir sehn also in den Nebelflecken zwei wesentlich verschiedene Gebilde. Gruppen, die an Sternreichthum der Milchstraße nicht nachstehn, und Nebelmassen, die sich noch kaum aus dem Chaos entwickelt haben; Körper, die vielleicht zum Theil, nach denen des Sonnensystems, die nächsten außerirdischen Wesen

sind, und solche, von denen das Licht nur in vielen tausend, ja Millionen Jahren zu uns gelangen kann; endlich Körper, die an Ausdehnung einen Fixstern nicht übertreffen, und andre, die, wie die ungeheure Milchstraße, viele Millionen Sonnen enthalten. — Alle bieten uns völlig denselben Anblick dar, und lassen uns oft ungewiß, zu welcher von den beiden Klassen wir sie zählen sollen. Aber wenn die Nebelsterne die Aufmerksamkeit aller mit herrlichen Fernröhren versehenen Astronomen aufregen, und die glänzendsten Entdeckungen versprechen, so sind die Sternnebel wegen ihrer Größe unsrer Betrachtung nicht minder werth. Zu welcher Bedeutungslosigkeit sinkt nicht schon die Sonne, die uns so gigantisch erscheint, in Gesellschaft der uns umgebenden, zu derselben Sterngruppe gehörigen Sterne herab. Wie viele solcher Sterngruppen müssen sich vereinigen, um einen Sternhaufen wie die Milchstraße zu bilden, und diese ist nicht die letzte Stufe der Weltbildung; denn es finden sich noch andre Milchstraßen, mit denen die unsrige in Wechselberührung stehn muß, wenn ihr Dasein von Dauer sein soll. Wahrscheinlich befinden wir uns auch hier noch nicht an den Grenzen der Stufenleiter. Wie viele Milchstraßen mögen sich zu höheren Gruppen vereinigen, und diese wieder zu höheren u. s. f., bis zu einem Centralkörper, der alle diese Welten an sich fesselt; oder geht die Stufenfolge in's Unendliche fort, und ist die Anzahl von Welten wirklich unendlich? Aber so weit sie auch gehn mag, wir wissen nur, daß, den Mond und vielleicht die Meteorkörper ausgenommen, wir auf der untersten Stufe dieser Riesenleiter stehn. Wahrlich kein würdiger Platz für die Erde, welche wir früher in den Mittelpunkt des Weltalls setzten, und für die Eitel-

keit der Menschen, die mit demselben Rechte glaubten, daß die Welt ihretwillen erschaffen sei, als ein Infusionsthierchen, dem ein Tropfen seine Welt ist, daß der Ocean nur seinetwillen da sei.

Aber so glänzend auch das Feld ist, das wir bis jetzt durchwandert haben, und so sehr unser Genuß noch erhöht worden wäre, wenn wir es an der Hand der ernsten, aber treuen Gefährtin der Astronomie, der Mathematik, hätte durchwandern können, so kennen wir doch nur den kleinsten Theil derselben. Zwar werden der Kalender und die Schiffahrt, die Hauptgegenstände, worin sich die Astronomie als eine kräftig in's Leben eingreifende Wissenschaft zeigt, nicht mehr bedeutend vervollkommnet werden können; allein die Wahrheit, nicht der Nutzen ist es, den wir in der Wissenschaft suchen: und welche Entdeckungen verspricht uns nicht die fernere Beobachtung des Himmels! Der Schleier, welcher die Geheimnisse der Sonnenoberfläche bedeckt, ist noch nicht gelüftet; Uranus, der vielleicht nicht lange mehr der letzte Planet des Sonnensystems bleibt, nebst seinen Trabanten und Ringen, erwartet bloß noch, daß die frauenhoferschen Fernröhre auch auf ihn gerichtet werden, um neue Merkwürdigkeiten zu zeigen, und in den Veränderungen der Planeten und Trabanten lesen wir vielleicht einst die Geschichte und Bildung unsrer Erde. In der Kenntniß der Kometen sind wir Newton noch nicht sehr überlegen, und jeder neuerscheinende große Komet wird uns mit neuen Erfahrungen bereichern. Aus den Störungen der Bahnen der Körper im Sonnensysteme wird ihre Masse näher bestimmt werden können, und die Anziehung selbst, obgleich die Erscheinung nicht bezweifelt werden kann, ihrem Ursprunge nach in nähere Beziehung zu an-

dren Naturkräften kommen. Bei den Fixsternen hat uns das letzte halbe Jahrhundert eine neue Welt offenbart, und das gegenwärtige wird, auf der einmal gebrochenen Bahn fortschreitend, dem folgenden nicht minder anziehende Erfahrungen überliefern. Die Bahnen der Sonne und der einzelnen Fixsterne, die wechselseitigen Bewegungen der Doppel- und Polygonalsterne werden genauer bekannt, und der Schlußstein der Astronomie, die Kenntniß von der Bildung der Welten, der Vollständigkeit näher gerückt sein.

Zusätze und Berichtigungen.

S. 107. Die Vermuthung, daß die Südhalbkugel der Erde von der Nordhalbkugel verschieden sei, gründet sich vornehmlich auf eine Gradmessung, die der französische Astronom La Caille am Vorgebirge der guten Hoffnung angestellt hat. Ihre Genauigkeit wird jedoch durch neuere Untersuchungen sehr in Zweifel gezogen. Auch stimmen Gradmessungen in Ostindien und die Pendelversuche Biot's, Sabine's, Kater's u. A. von Spitzbergen und der Baffinsbay bis Sierra Leona und Paramatta, im südlichen Theile Neuhollands, sehr gut mit der Abplattung der Erde von etwa $^1/_{300}$.

S. 163. Die Länge des Apheliums der ♁ ist nicht 270° 19′ 0″, sondern 70° 19′ 0″, dagegen die Länge des Apheliums der ⚳ nicht 33° 16′ 0″ sondern 233° 16′ 0″.

Die ganze Tabelle ist für den Anfang des Jahres 1810 berechnet.

S. 161 und S. 175. Die im Texte angegebene Sonnenparallaxe ist das Resultat sämmtlicher Beobachtungen beim Venusdurchgange des Jahres 1761. Durch Vergleichung dieses Resultats mit den Beobachtungen beim Venusdurchgange 1769 erlangte Enke für die Sonnenparallaxe 8″5776, oder für die Entfernung der Erde von der Sonne 20, 666800 Meilen, wobei der Irrthum wahrscheinlich keine 90000 Meilen mehr oder weniger beträgt. Demgemäß müssen

nun alle absoluten Entfernungen der Himmelskörper abgeändert werden.

S. 216. Z. 14. statt nun l. nur um.
» » Z. 17. statt 60° 17′ l. 6° 17′.

S. 210 und 212. Die erste Reihe der Seite 210 muß gestrichen und dafür vor die erste Reihe der S. 212. gesetzt werden.

S. 306. Daß der Mondfleck Alhazen ganz verschwunden sei, glaubte Kunowsky beobachtet zu haben; andere haben ihn jedoch nach wie vor erblickt. Dessenungeachtet möchte es wol außer Zweifel sein, daß große Revolutionen auf dem Monde vorgehen, da weit verbreitete Lichterscheinungen sehr häufig sind und schwerlich alle von bloßen Zurückstralungen des Lichtes herrühren. Es ist jedoch sehr schwer, hierüber zu entscheiden, indem die besten neuesten Beobachter, wie Lahrmann und Gruithuisen, so bedeutend von einander abweichen.

S. 317. Aus einer genauen Berechnung der Beobachtungen beim Kometen von 1680, dem Haller und Newton eine Umlaufszeit von 575 Jahren beilegten, schließt Encke, daß seine Periode nicht unter 2000 Jahre sein könne. Andre geben ihm sogar 8 - - 9000 Jahre, und im Aphelium eine Entfernung von 430 Erdbahnhalbmessern.

S. 320. Wie sehr die Anzahl der beobachteten Kometen durch die Verbesserung der Fernröhre zunimmt, sieht man unter Anderm daraus, daß Pons im Anfange Novembers den 5ten Kometen d. J. 1825 entdeckt hat.

S. 322 und 324. Ehe der Komet von 1770 zu uns kam, hatte er das Jupitersystem durchschnitten, und wurde wahrscheinlich erst dadurch in unsere Nähe gebracht, da er vorher nie beobachtet worden war. 1776 stand er jenseit der Sonne und war uns

deshalb unsichtbar. 1779 kam er von Neuen dem Jupiter sehr nahe.

S. 325. Einige glauben jedoch den Enckischen Kometen i. J. 1819 auf der Sonnenscheibe erblickt zu haben.

S. 328. Der Komet von 1824 hatte zwei Schweife, die fast in einer geraden Linie lagen, die zu gleicher Zeit verlängert, die Sonne durchschnitten haben würde. Der der Sonne zugekehrte Schweif war eben so hell und noch länger, aber schmäler, als der andre. Seine Gestalt und auch seine Lage war sehr veränderlich; auch war er nicht immer zu sehen.

S. 329. 2. Z. e. n. st. weniger langsam l. langsamer.

S. 336. Wenn die Sternschnuppen sich ohne Rücksicht auf die Erde frei im Weltraume bewegen, so werden die meisten der fortschreitenden Erde entgegen zu kommen scheinen; dieses glaubt auch Brandes in der That beobachtet zu haben. Der kosmische Zustand der Sternschnuppen erlangt dadurch einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit.

S. 461. Es muß jedoch bemerkt werden, daß, späteren Beobachtungen von Herschel zufolge, die Milchstraße seinen Fernröhren wirklich undurchdringlich zu sein schien, daß also jener Durchmesser der Milchstraße sehr zweifelhaft wird. Er bestimmt die Entfernung der Fixsterne und Sternnebel vorzüglich nach der Stärke ihres Lichts, die er auf eine sehr sinnreiche Art mißt, und fand dadurch, daß die Fixsterne in der Nähe der Sonne im Ganzen weit entfernter von einander sind, als im Durchschnitte in den entferntern Regionen des Himmels, und daß überhaupt die Sterne sehr ungleichförmig verbreitet sind. Der Sterne 1r

bis 7r Größe, oder, nach Herschel, von Einer bis zwölf Sternweiten, gibts ungefähr 14000; die Berechnung gibt etwa 15600. Wir müssen erwarten, was die Frauenhoferschen Fernröhre, wol die vorzüglichsten der seit dem Beginn der Astronomie für die Beobachtung des Himmels erfundenen Instrumente, in dieser Rücksicht leisten werden.

Register.

Abendstern 98. 174.
Abendweite 78.
Aberration 158.
Abweichung 73.
Abweichungskreis 73.
Achsen, der Ellipse 59.
Achsendrehung, der Erde 69. der Fixsterne 428. der Kometen 330, der Planeten 259, der Sonne 230, der Trabanten 280.
Aerolithen 337.
Anomalie 196.
Anomalistischer Monat 196.
Anomalistisches Jahr 155.
Antarktischer Pol 72.
Antipoden 144.
Antuken 145.
Anziehung 347.
Aphelium 59.
Apogeum 60.
Apsiden 60.
Apsidenlinie 60, ihre Bewegung 155. 193.
Arktischer Pol 72.
Asteroiden 56.
Atmosphäre der Erde 118, der Kometen 325, des Mondes 309, der Planeten 270, der Sonne 245.
Aufgang eines Sterns 78, der akronyktische, heliakische, kosmische, pontische 404.
Azimut 71.
Aequator 73. 76, der Sonne 239.
Aequatorhöhe 77.
Aequatorialparallaxe 109.
Aequinoktium 89.

Bedeckung der Sonne durch einen Planeten 171. 178.
Beharrungsvermögen 332.
Bergadern auf dem Monde 305.
Beschleunigung 345.
Bewegung 342, der Erde

145, der Fixsterne 428. des Meeres und der Luft 208, des Mondes 187, der Trabanten 222, beschleunigte 345, scheinbare 50.
Brechung des Lichts 123. 125.
Breite eines Sterns 97, geographische 76.
Breitenkreis 97.
Brennpunkt 59.

Centrifugalkraft 356.
Centripetalkraft 356.
Chaldäische Periode 196, 204.
Chronocentrisch 222.
Circellen auf dem Monde 301.

Dämmerung, astronomische, bürgerliche 124, auf dem Monde 309, auf der Venus 272.
Deklination 73.
Dichtigkeit 68, der Himmelskörper 366, 374.
Direkt 97.
Doppelsterne 432.
Drachenkopf 195.
Drachenmonat 195.
Drachenschwanz 195.
Durchgang der Planeten vor der Sonnenscheibe 171, 178.
Durchmesser der Planeten 254, der Sonne 254, der Trabanten 287, scheinbarer 49, der Planeten, von den Trabanten aus gesehn und umgekehrt 287, der Sonne, von den Planeten aus gesehen 255.

Ebbe 209.
Einthakig 137.
Ekliptik 86.
Ellipse 58.
Elliptische Berechnung der Kometen 321.
Ellergation, größte 167, 268.
Emension 232.
Entfernung d. Fixsterne 421. der Planeten von der Erde 183, von der Sonne 161, der Trabanten 227.
Erdachse 76.
Erde 103.
Erdferne 60.
Erdnähe 60.
Erdpole 76.
Erdweite 65.
Erntemond 197.
Erektine des Mondes 191.
Excentricität 60.
Excentrische Kreise 58.

Falten auf der Sonne 240.
Feuerkugeln 336.
Fixsterne 44. 376.
Fliehkraft 356.
Fluth 209.
Furchen bei der Sonne 246.
Fußpunkt 71.

Gebirge der Erde 114, des Mondes 299, der Planeten 270, des Saturnringes 294, der Sonne 244.
Gegenfüßler 144.
Gegenwohner 145.
Geocentrisch 55.
Gerade Aufsteigung 73.
Geschwindigkeit 342.
Gleichen 76.
Gleichung, große des Mondes 193, jährliche des Mondes 192.
Goldne Zahl 195.
Gradmessung 105.
Größe der Fixsterne 424. der Kometen 324, der Planeten und der Sonne 254, der Trabanten 287.
Größen der Sterne 388.

Haar der Kometen 327.
Haarsterne s. Kometen.
Hafersatz 214.
Halbmond 188.
Halbmesser der Finsternisse 204.
Halbschatten 199, der Sonne 247.
Heliocentrisch 55. 72.
Hesperus 174.
Himmelsblau 120.
Himmelskugel 70, parallele, schiefe 79.
Horizont 70.
Horizontal 70.
Horizontalparallaxe 109.
Horizontalrefraktion 126
Höhe der Fluth 211, eines Sterns 71.
Höhenkreis 71.

Immersion 232.
Indirekt 97.
Irradation 97.

Jahreszeiten 142.
Joricentrisch 222.

Kalender 150.
Keplersche Gesetze 58.
Kern der Kometen 323.
Kernflecken 245.
Klassen der Sterne 268.
Klima 134, geographisches, astronomisches 138.
Knoten, aufsteigende, absteigende 97, ihre Bewegung 155. 193.
Knoten in der Sonne 247.

Knotenmonat 195.
Kometen 56. 57. 315.
Koluren 90.
Konjunktion 97, obere, untere 167.
Kopf der Kometen 323.
Kräfte 343, beschleunigende, gleichförmige 344.
Kulmination 77.

Lage eines Körpers, absolute, relative 52, wahre und scheinbare 109.
Länge eines Sterns 96, geographische 76.
Libration s. Schwanken.
Lichterscheinungen s. Phasen.
Lichtwolken der Sonne 245.
Lucifer 174.

Masse 347.
Meere auf dem Monde 307.
Meridian 73. 76, erster 132.
Meteorhagel-, regen-, staub 338.
Meteorsteine 337.
Milchnebel 445.
Milchstraße 462.
Mittagskreis 73. 76.
Mitte des Himmels 77.
Mittelplaneten 64.
Mittelpunktsgleichung 147, des Mondes 192, der Planeten 162.
Mittlere Entfernung 131.
Mond 57. 187. 280.
Mondfinsternisse, total, partial, central 200.
Mondjahr 95.
Mondviertel 188.
Morgenstern 98. 174.
Morgenweite 77.

Nachtbogen 78.
Nachtgleichen 92.
Nadir 71.
Nebelflecken 443.
Nebenwohner 145.
Neuerde 291.
Neumond 187.
Nord 75.
Nordpol 72.
Nutation 151.

Obere Planeten 64. 167.
Oberfläche der Planeten und der Sonne 254, der Sonne, von den Planeten aus gesehen 255.
Oktanten 189.
Opposition 98.
Osten 75.
Ostwinde 217.
Oeffnungen auf der Sonne 244.

Parabel 58.
Parabolische Berechnung 321.

Parallelische Bewegung ....
Parallaxe 53. 109.
Parallelkreise 73. 76.
Parallelogramm der Kräfte 343.
Pendel 371.
Perigrum 59.
Perihelium 60.
Phasen der Kometen 324, des Mondes 189, der Planeten 169.
Planeten 45. 56. 161. 253.
Platonisches Jahr 149.
Polarkreise 92.
Pole der Erde 76, der Himmelskugel 72, der Planeten 259, der Sonne 239.
Polhöhe 77.
Polygonalsterne 434.
Poren auf der Sonne 246.

Quadraturen 98.

Radius Vektor 59. 100. 167.
Rechtgängig 97.
Reflexion 123.
Refraktion 123.
Refraktionswinkel 126.
Rektascension 73.
Ringgebirge des Mondes 300.
Rotation 259.
Runzeln auf der Sonne 246.
Rückgängig 97.

Satelliten s. Trabanten.
Saturnsring 233. 289.
Scheitelpunkt 71.
Schiefe der Ekliptik 152, der Kometenbahnen 319, der Planetenbahnen 163, d. Trabantenbahnen 230.
Schwanken der Erdachse 157, des Mondes 282, optische, physische 284.
Schweife der Kometen 326.
Schweifsterne s. Kometen.
Schwere 349.
Schwerpunkt 348.
Schwungkraft 356.
Sekundenpendel 373.
Seleniten 311.
Siderische Jahr 150, Monat 189, Umlauf der Planeten 162, der Trabanten 189.
Sonne 56. 85. 238.
Sonnenfackeln 245.
Sonnenferne 59.
Sonnenfinsternisse, partial, ringförmig, total 202.
Sonnenflecken 243.
Sonnenjahr 195.
Sonnennähe 59.
Sonnenparallaxe 175.
Sonnensystem 46, 55.
Sonnentag 94. 174.

Sonnenwende 89.
Solstitien 89.
Sothische Periode 195.
Sphäre 70.
Sphäroid 106.
Springfluthen 213.
Sternbilder 304.
Sterne, unförmige, zerstreute 384.
Sternentag 79. 83.
Sternenjahr 94.
Sternnebel 444.
Sternschnuppen 336.
Stil, alter und neuer 151.
Störungen 156.
Strömungen des Oceans 215, der Luft s. Wind.
Stundenwinkel 81.
Süd 75.
Südpol 72.
Synodische Umläufe 184, der Sonne 240, der Trabanten 222.
Synodisches Jahr 185.

Tagesbogen 78.
Tageskreis 73.
Thierkreis 402.
Thierkreislicht 250.
Trabanten 46 220. 280.
Trabantenfinsternisse 224.
Trägheit 342.
Tripelsterne 432.
Tropisches Jahr 150.

Umlaufszeiten der Doppelsterne 435. der Fixsterne 431. der Kometen 317, der Planeten 162. 261, der Trabanten 230.
Umschattige 137.
Untere Planeten 64. 167.
Unschattige 137.
Untergang der Sterne 78, akronyktische, heliaktische, poetische 404.

Variationen des Mondes 191.
Vertikalkreise 70.
Vertikallinie 71.
Vollerde 291.
Vollmond 188.
Vorrücken der Nachtgleichen 148.

Wendekreise 90.
Westen 75.
Winde auf der Erde 217, auf den Planeten 270, auf der Sonne 247.
Windrose 75.

Zenith 71.
Zodiakus s. Thierkreis.
Zodiakallicht 250.
Zonen 135.
Zurückwerfung des Lichts 123.
Zweischattige 137.

Staatliche Bibliothek Bamberg

Erklärung der Kupfertafeln.

Tafel I. Die Karte des Sonnensystems. Der größte Kreis ist die Ekliptik, in ihre zwölf Zeichen getheilt; in seinem Mittelpunkte die Sonne, um welche die Bahnen der 11 Planeten und einiger Kometen gelegt sind. Der kleine Maßstab erlaubte nicht, die Excentricität der elliptischen Planetenbahnen merklich zu machen, doch sind die Punkte derselben, welche sich im Jahre 1820 am weitesten von der Sonne befanden, durch einen kleinen schattirten Kreis bezeichnet. Die kleinen Scheiben, welche sich bei einigen Planeten befinden, sind die Trabanten derselben, deren Jupiter 4, Saturn, außer seinem Ringe, 7, und Uranus 6 hat. Der Mond der Erde ist weggelassen. — Unter der Karte befindet sich ein eingetheilter Kreisbogen, welcher die Neigungen der verschiedenen Planetenbahnen zur Ebene der Ekliptik verzeichnet. S. S. 163. ff.

Tafel II. Die Karte der Jahreszeiten. In der Ebene der Ekliptik steht im Mittelpunkte die Sonne, und um sie die Erde in 12 Stellen ihrer Bahn. Der Pol behält stets dieselbe Lage, und die ihn zunächst umgebenden Regionen sind, nach dem Stande der Sonne, ihren Strahlen mehr oder weniger ausgesetzt. Die Namen der Jahreszeiten stehen da, wo sich die Erde in der Mitte derselben befindet. S. S. 92.

Tafel III. Verschiedene Ansichten der Planeten mit ihren Ringen, Streifen und Flecken. Da diese sehr veränderlich sind, so darf man nicht erwarten, sie so wiederzufinden, wie sie hier bezeichnet sind. S. Vorles. 14.

Die Mondkarte bedarf keiner nähern Erklärung; sie bezieht sich auf S. 181. 296. ff.

Die Sternkarte. S. Vorl. 18, besonders S. 419.

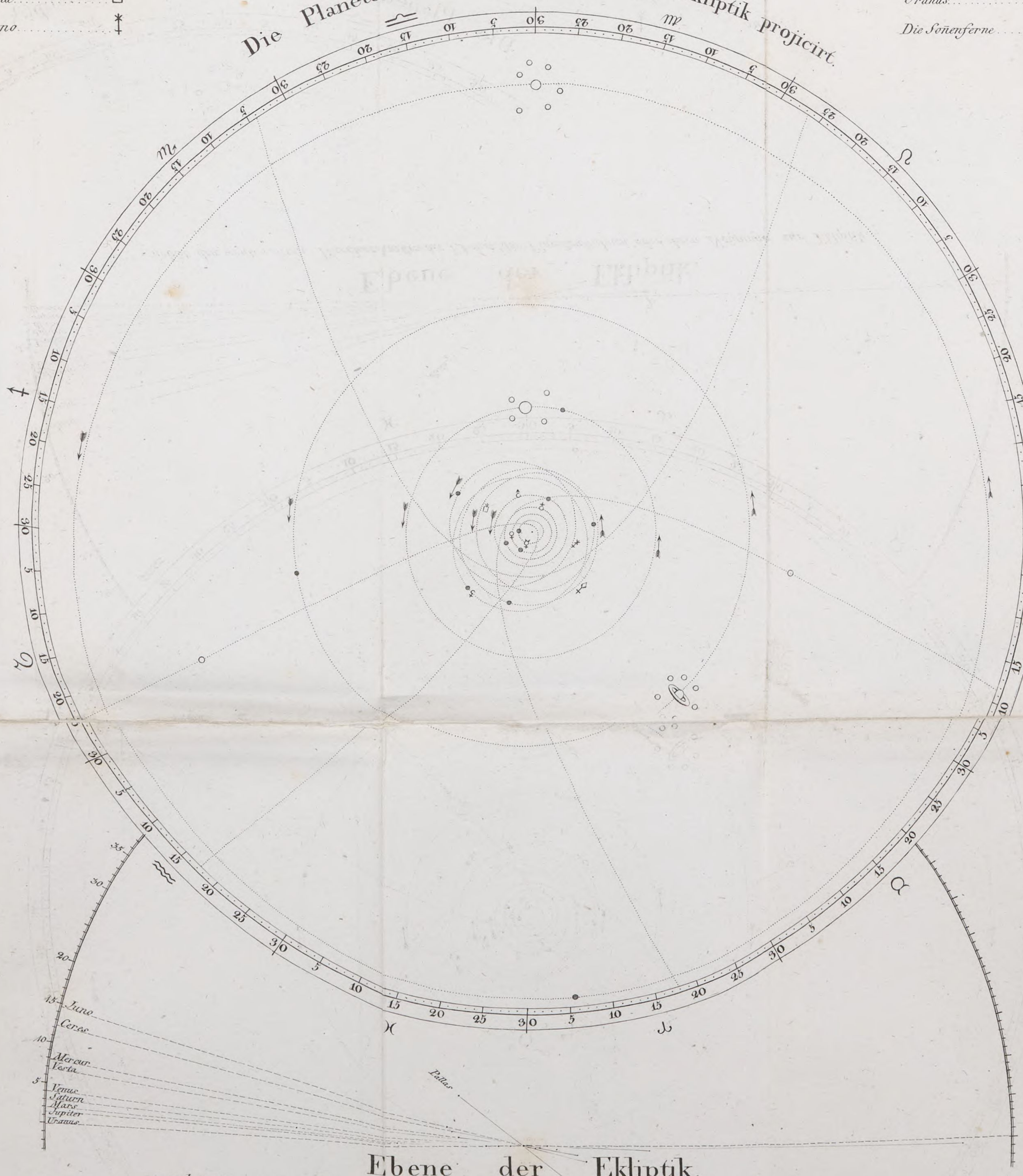
Das Blatt mit geometrischen Figuren bezieht sich auf verschiedene Stellen des Textes.

Mercur ☿
Venus ♀
Erde ♁
Mars ♂
Vesta ⚶
Juno ⚵

Ceres ⚳
Pallas ⚴
Jupiter ♃
Saturn ♄
Uranus ♅
Die Sonnenferne ☉

KARTE DES SONNENSYSTEMS,

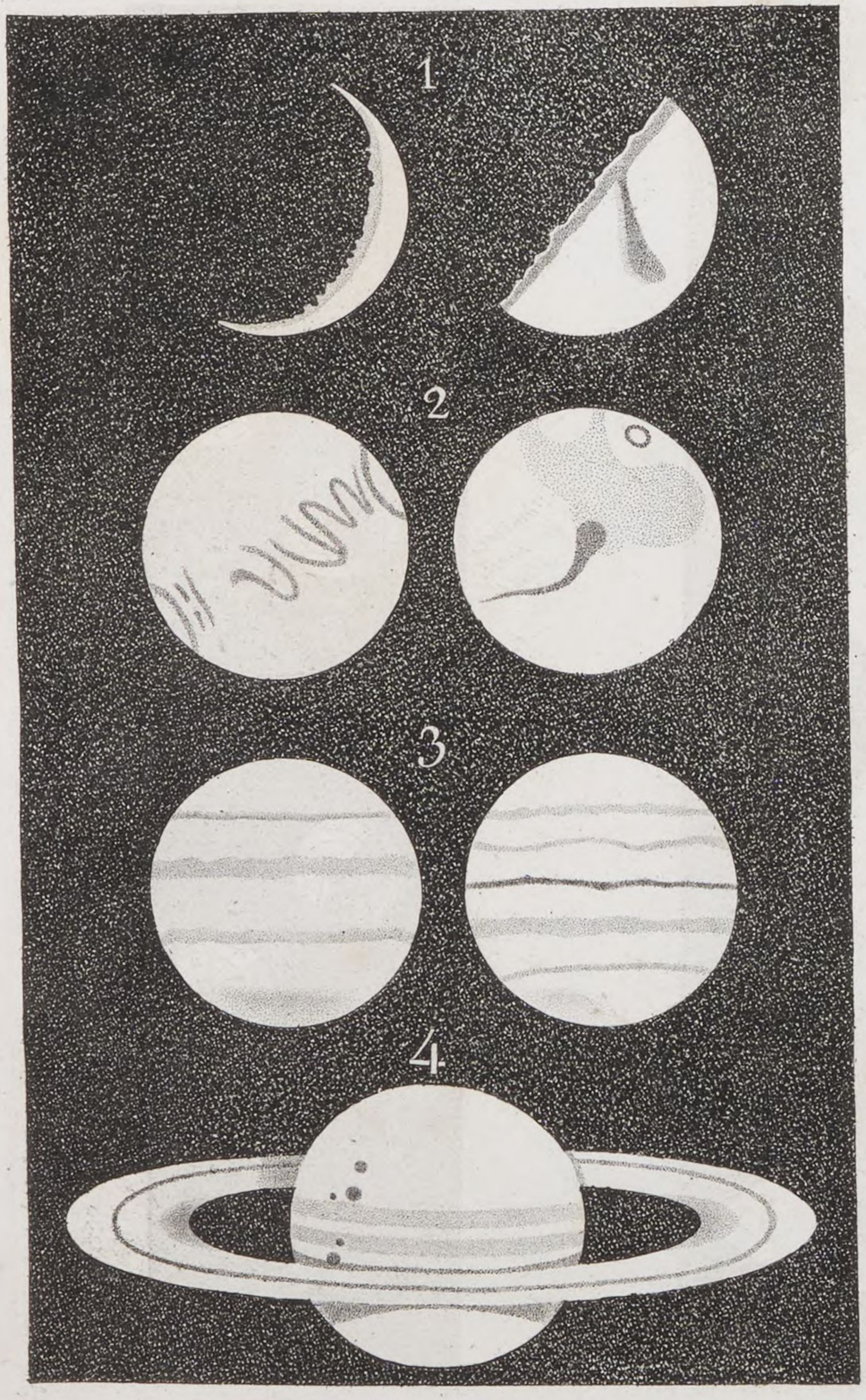
Die Planetenbahnen auf die Ebne der Ekliptik projicirt.



Ebene der Ekliptik.

nebst den senkrechten Durchschnitten der Ebenen der Planetenbahnen oder ihren Neigungen zur Ekliptik.

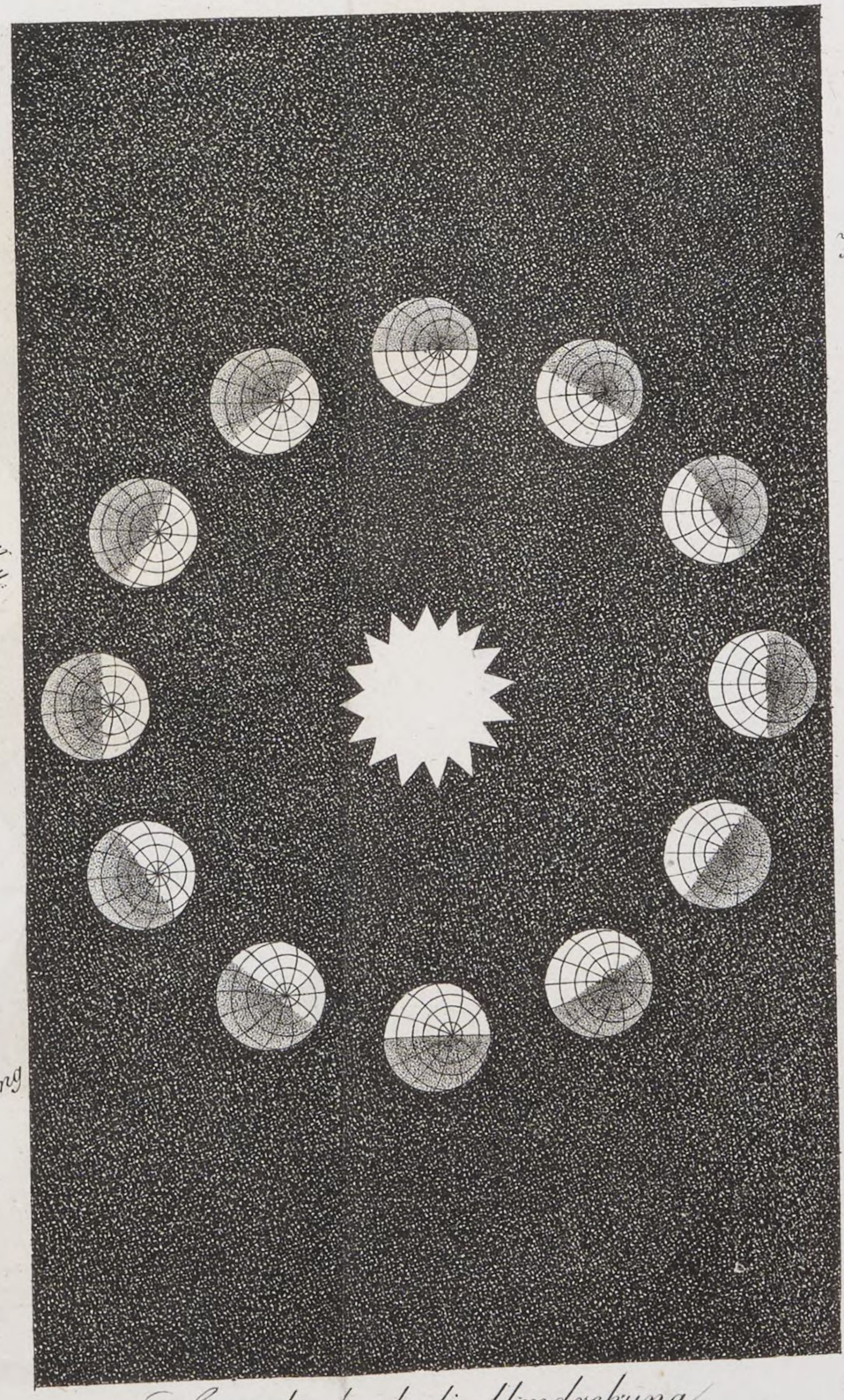
Tab. III.



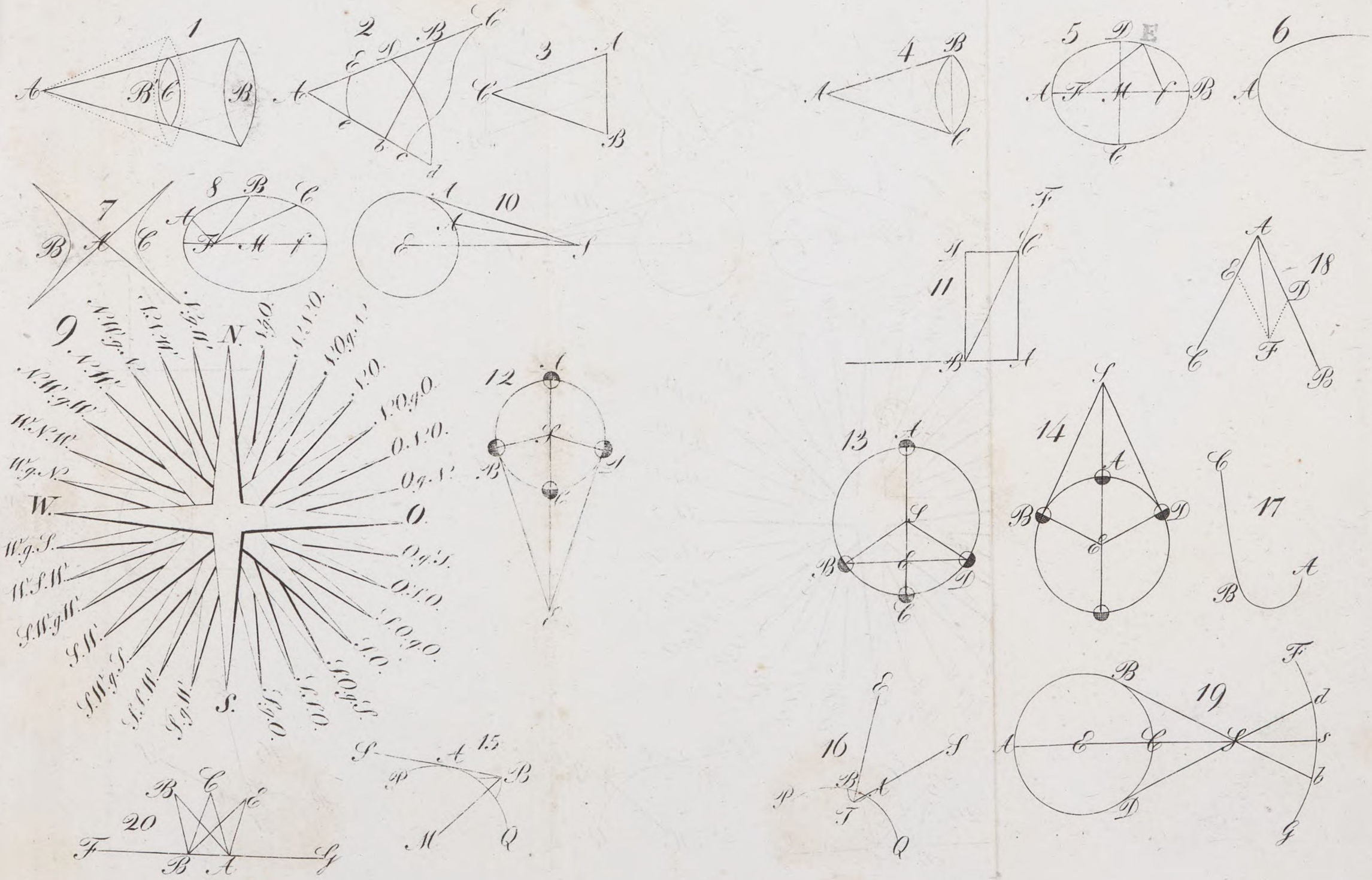
1. Zwei Ansichten der Venus
2. Zwei Ansichten des Mars
3. Zwei Ansichten des Jupiter
4. Saturn mit seinen Ringen.

Karte der Jahreszeiten

Tab. II.



bewirkt durch die Umdrehung der Erde um die Sonne.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
N.
W.
O.
S.

KARTE DES VOLLMONDES

nach Mayer, Schröter und Gruithuisen.

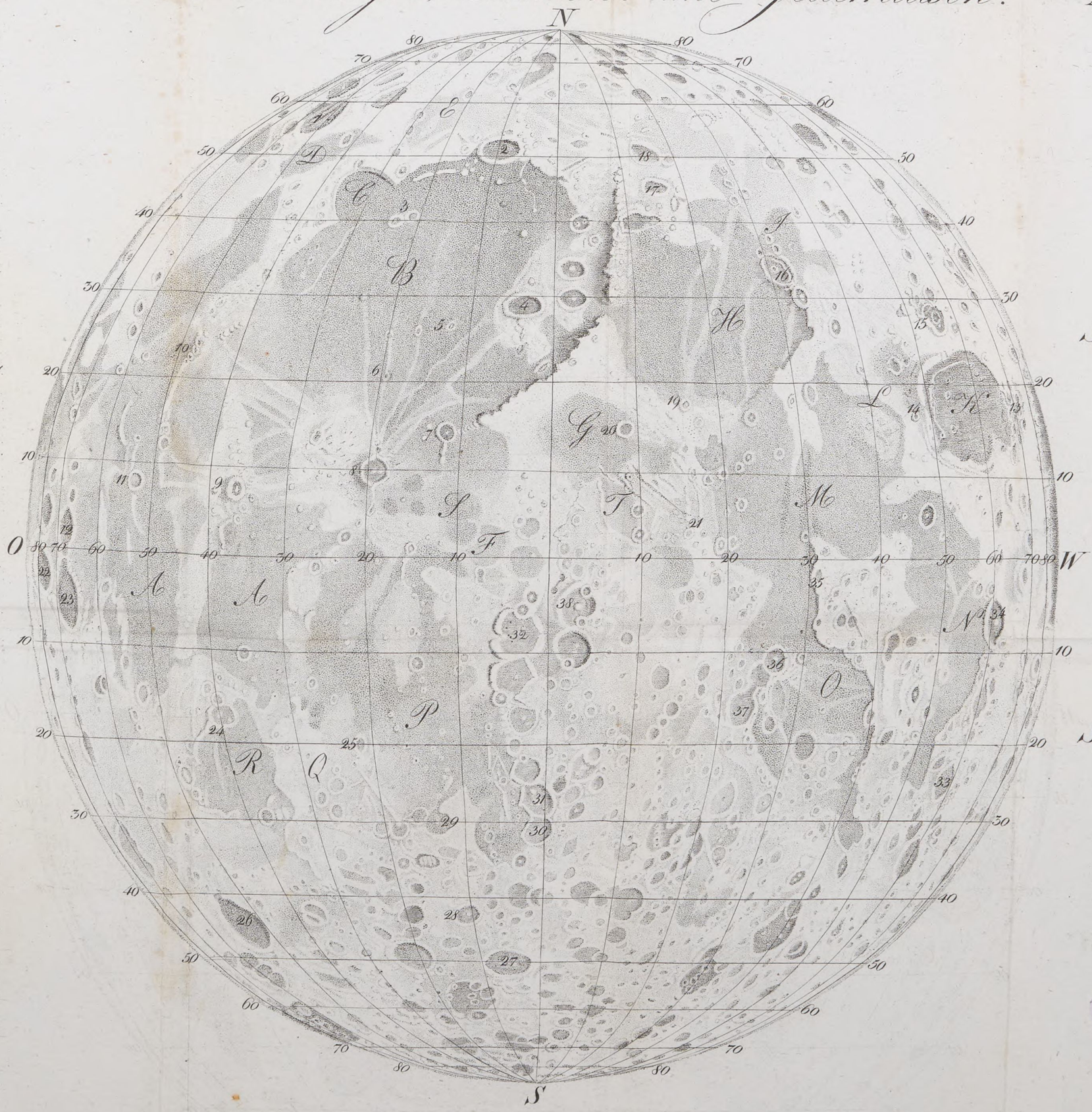
A. Oceanus Procellarum
B. Mare Imbrium
C. Sinus Iridum
D. Sinus Roris
E. Mare Frigoris
F. Sinus Aestuum
G. Mare Vaporum
H. Mare Serenitatis
I. Lacus Somniorum
K. Mare Crisium
L. Palus Somnii
M. Mare Tranquillitatis
N. Mare Foecunditatis
O. Mare Nectaris
P. Mare Nubium
Q. Sinus Epidemiarum
R. Mare Humorum
S. Schroeter
T. Hyginus

N.O. 1. Pythagoras
2. Plato
3. Heraklides
4. Archimedes
5. Timotheus
6. Pytheas
7. Eratosthenes
8. Kopernik
9. Kepler
10. Aristarch
11. Galilei
12. Hevel

N.W. 13. Alhazen
14. Proklus
15. Kleomedes
16. Posidonius
17. Eudoxus
18. Aristoteles
19. Menelaus
20. Manilius
21. Dionysius

S.O. 22. Riccioli
23. Grimaldi
24. Gassendi
25. Bulliald
26. Schickard
27. Maginus
28. Tycho
29. Pitatus
30. Walther
31. Regiomontanus
32. Ptolemaeus

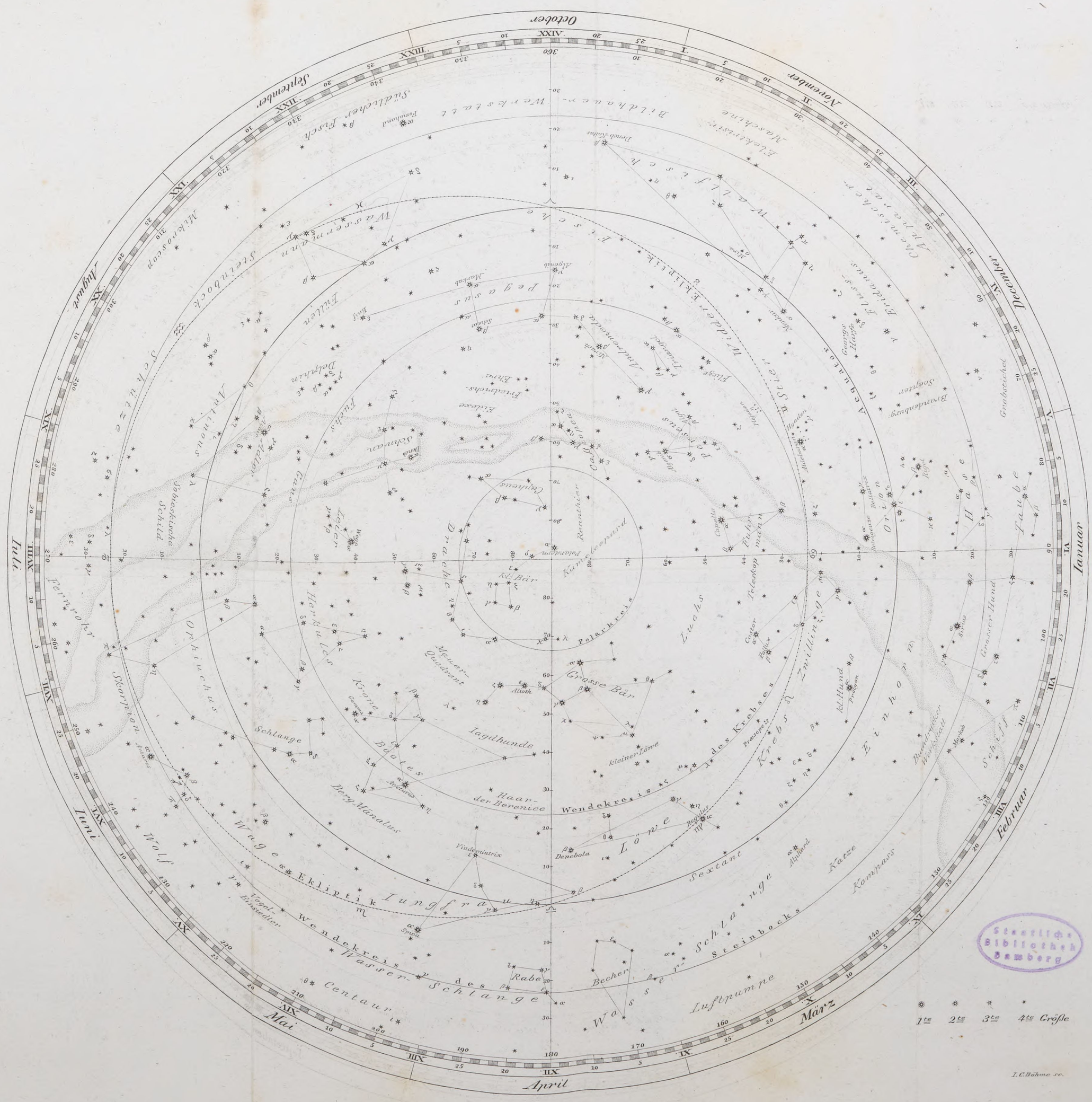
S.W. 33. Petavius
34. Langrenus
35. Censorinus
36. Theophilus
37. Catharina
38. Hipparch



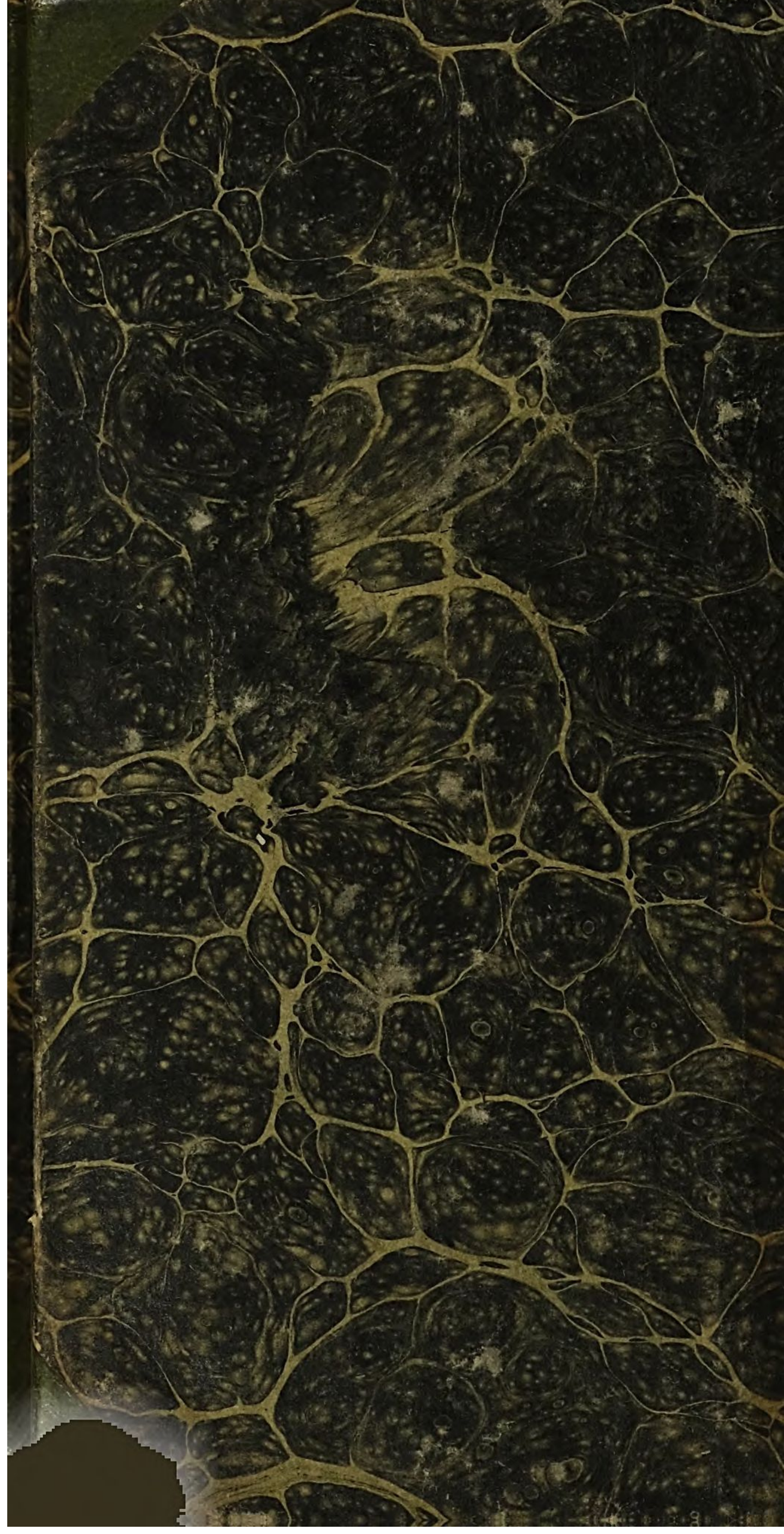
Staatliche Bibliothek Bamberg

Der in Europa sichtbare Sternenhimmel,

für alle Tage im Jahre um 10 Uhr Abends



Steirische Bibliothek Bamberg



BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Frankenheim, Moritz Ludwig,

Populäre Astronomie ohne Hülfe der Mathematik in zwanzig Vorlesungen erläutert

Braunschweig 1829

Bamberg, Staatsbibliothek -- AGB Q 6
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11421475-2